4/14

Overige schakelingen

Afstandsbediening schakelingen

Alarm en melding schakelingen

Home elektronica

Indicator schakelingen

Licht schakelingen

Motor besturingen

Spelletjes

Telecommunicatie schakelingen

Tijd en chronometer schakelingen

Voeding schakelingen

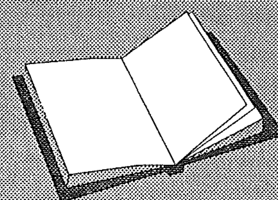
[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

4/14.41
"Telefoon bezet"-indicator

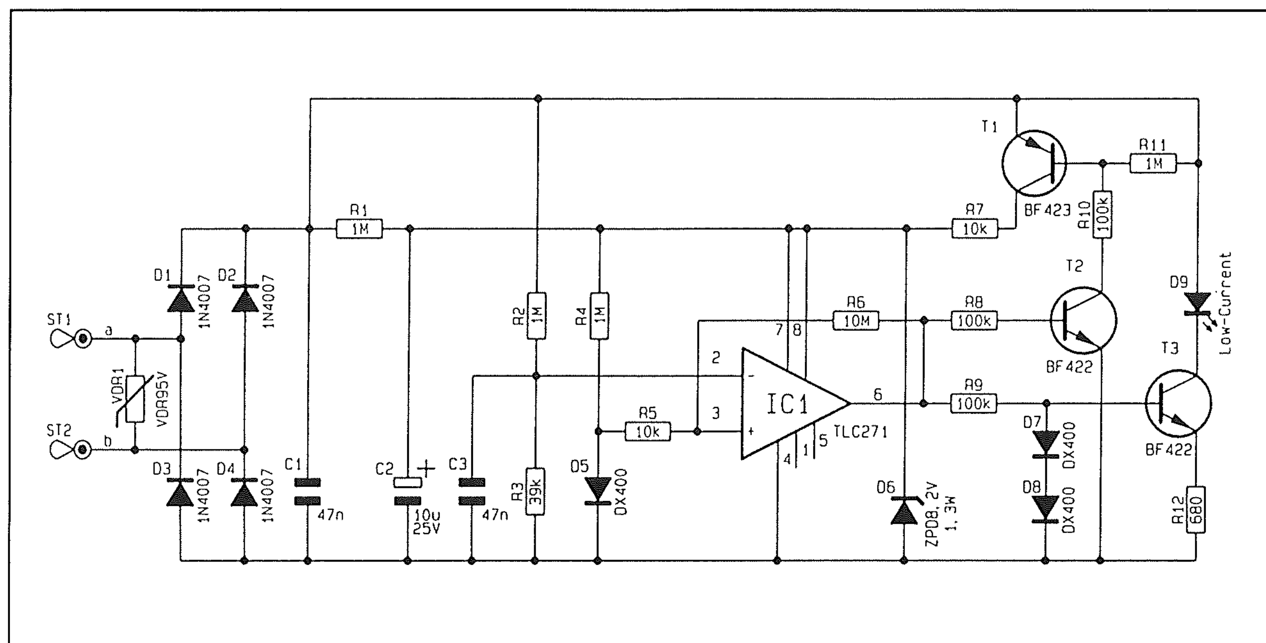
Inleiding
Iedereen heeft tegenwoordig wel twee of drie telefoons in huis. In de meeste gevallen zullen deze apparaten niet via een telefooncentrale met de PTT-lijn gekoppeld zijn, maar simpelweg parallel geschakeld.
Hoewel dit officieel niet mag, verbruiken moderne telefoons zo weinig stroom dat de PTT-lijn die extra belasting zonder problemen kan verdragen. Nadeel van dit systeem is wel dat men per ongeluk terecht kan komen in een gesprek van een medebewoner. Spreekt men immers via één telefoon en neemt iemand anders de hoorn van een tweede telefoon op, dan kan deze tweede persoon het gesprek volgen. Met de in dit hoofdstuk beschreven handige, kleine schakeling kan deze situatie vermeden worden, of in ieder geval vermeden worden dat men per ongeluk meeluistert. De schakeling wordt zoveel malen nagebouwd als er telefoons op de lijn staan en bij iedere telefoon op de PTT-lijn aangesloten. De schakeling heeft een ingebouwde LED, die gaat branden als ergens in huis de hoorn wordt opgenomen.
Door gebruik te maken van een zeer efficiënte LED met een zeer lage stroom kan het stroomverbruik per schakeling beperkt worden tot ongeveer 1 mA, zodat de extra belasting van de PTT-lijn werkelijk te verwaarlozen is.

Het schema
Het volledig schema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.41-1. Op zich is de schakeling erg eenvoudig, maar toch zijn er een aantal schakeltechnisch leuke grapjes ingebouwd. Deze hebben allemaal maar één functie en dat is het minimaliseren van het stroomverbruik van het geheel. Een gevolg is dat er enige speciale "low current" onderdelen worden toegepast, die niet zomaar door standaard onderdelen vervangen kunnen worden! De klemmen ST1 en ST2 gaan naar de twee actieve aders van de telefoonlijn. Als alle telefoons ongebruikt zijn, is de lijn onbelast en kan men tussen beide aders een gelijkspanning tussen 20 V en 60 V meten. De polariteit van deze spanning ligt echter niet vast. Vandaar dat een gelijkrichtbrug is opgenomen in de ingang, die ervoor zorgt dat de gelijkspanning op het knooppunt van weerstand R1 en condensator C1 altijd positief is ten opzichte van de massa.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.2
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 3/20.5



14.41 "Telefoon bezet"-indicator



Figuur 4/14.41-1: Het volledig schema van de indicator.

Over de condensator C1 ontstaat dus een forse gelijkspanning als alle telefoons ongebruikt zijn. Neemt men een van de hoorn op, dan wordt de PTT-lijn belast en zal de lijnspanning terugvallen tot een waarde tussen 6 V en 12 V. Deze spanningsreductie wordt natuurlijk terug gevonden over de condensator C1. Het is dit verschil in spanning dat door de schakeling wordt gedetecteerd en gebruikt voor het sturen van de LED. Uit de lijnspanning wordt door middel van de onderdelen R1, C2 en D6 een gestabiliseerde voedingsspanning van ongeveer 8,2 V afgeleid. Let op de hoge waarde van de weerstand, een waarde die alleen maar mogelijk is door gebruik te maken van een speciale operationele versterker. De TLC271 verbruikt erg weinig stroom in rust, bij toepassing van een andere operationele versterker zoals een 741 zal de schakeling niet werken! Een dergelijke operationele versterker verbruikt zoveel voedingsstroom, dat alle beschikbare spanning over de weerstand R1 zou afvallen. Uit de voedingsspanning wordt door middel van de weerstand R4 en de diode D5 een referentiespanning van 0,7 V afgeleid. Ook hier wordt gebruik gemaakt van een speciale diode, die zelfs bij de erdoor vloeiende stroom van slechts 8,2 µA een mooie doorlaatspanning genereert. Ook voor dit onderdeel geldt dat geen andere diode gebruikt kan worden! Deze referentiespanning wordt aangeboden aan de niet-inverterende ingang van de operationele versterker. De lijnspanning, die terug te vinden is over de condensator C1, wordt via de weerstandsdeler R2/R3 aangeboden aan de inverterende ingang van de op-amp. De op-amp is geschakeld als comparator met Schmitt-trigger werking. De Schmitt-trigger wordt gerealiseerd door de terugkoppelweerstanden R6 en R5. Deze zorgen voor een goed gedefinieerd omklappunt voor de comparator. Als de lijnspanning groter is dan 20 V, zal de inverterende ingang van de op-amp op een hogere spanning staan dan de niet-inverterende. Het gevolg is dat op de uit-

14.41 "Telefoon bezet"-indicator

gang van de op-amp 0 V staat. De transistoren T2 en T3, die beiden uit de uitgang van de op-amp worden gestuurd, sperren. De schakeling is in rust en trekt erg weinig stroom. Stel nu echter dat er ergens in huis een telefoon wordt opgenomen. De lijnspanning zakt tot ongeveer 10 V. Het gevolg is dat de inverterende ingang van de operationele versterker op een spanning komt te staan die lager is dan de referentiespanning van 0,7 V. De uitgang van de op-amp wordt hoog. Transistor T2 wordt nu via de basisweerstand R8 in geleiding gestuurd. Het gevolg is dat de collectorspanning gaat dalen, waardoor de basisspanning van T1 gaat dalen. Ook deze transistor gaat nu geleiden. Het gevolg is dat de grote voedingsweerstand R1 nu overbrugd wordt door de veel kleinere weerstand R7. De zenerdiode D6 wordt nu doorlopen door een grotere stroom, zodat de voedingsspanning toch stabiel blijft op 8,2 V. Zou men deze extra voedingsstroom niet via T1 aanleveren, dan zou de spanning over D6 in elkaar storten. Op het beschreven moment gaat immers de op-amp meer stroom verbruiken, omdat dit onderdeel de basisstromen van de transistoren T2 en T3 moet aanleveren.
Door het hoog worden van de uitgang van de op-amp gaan niet alleen T2 en T1 geleiden, maar ook T3. Deze transistor is geschakeld als eenvoudige constante stroombron. De twee dioden in de basis zorgen er samen met weerstand R12 voor dat de emitterstroom gelijk wordt aan ongeveer 1 mA. De basis wordt immers ingesteld op een spanning van ongeveer +1,4 V. De basis/emitter-spanning is gelijk aan 0,7 V. De schakeling zal zich nu zo instellen dat er over de emitterweerstand van 680 Ω 0,7 V valt, hetgeen een stroom van ongeveer 1 mA tot gevolg heeft. De zeer gevoelige LED D9 gaat nu, ondanks de uiterst lage stroom van 1 mA, toch fel oplichten. Men weet nu dat de telefoonlijn in gebruik is en dat het zeer onbeleefd zou zijn de hoorn van de haak te nemen. Tot slot zij nog gewezen op VDR1, die de schakeling beveiligt tegen hoge spanningspieken, die af en toe op de PTT-lijn kunnen ontstaan, bijvoorbeeld bij blikseminslag in de buurt.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5%:

R1,R2,R4,R11	=	1 MΩ
R3	=	39 kΩ
R5,R7	=	10 kΩ
R6	=	10 MΩ
R8,R9,R10	=	100 kΩ
R12	=	680 Ω

Condensatoren:

C1,C3	=	47 nF	MKH
C2	=	10 µF	25 V elco

Halfgeleiders:
Let op: aangegeven onderdelen gebruiken!

D1,D2,D3,D4	=	1N4007
D5,D7,D8	=	DX400
D6	=	ZPD8V2
D9	=	LEDlow current 3 mm
T1	=	BF423
T2,T3	=	BF422
IC1	=	TLC271

Diversen:
1 x VDR95V
2 x soldeerlipje

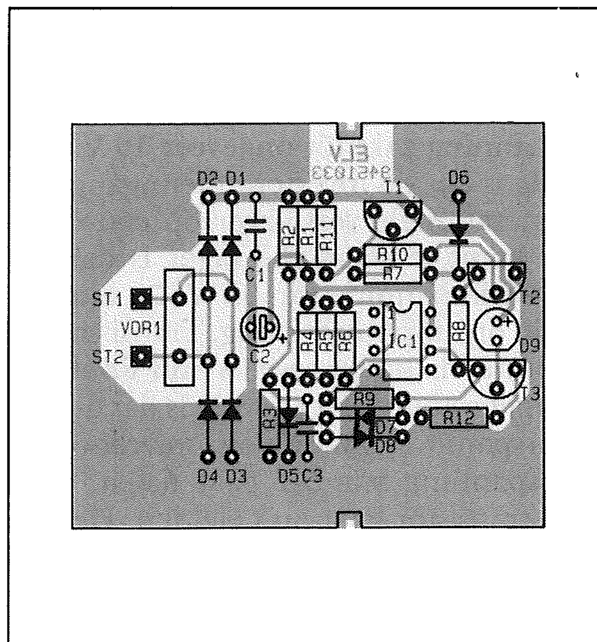
De bouw van de schakeling
Het geheel kan opgebouwd worden op het printje dat in figuur 4/14.41-2, op de transparante pagina, is voorgesteld. De componentenopstelling is getekend in fi-

14.41 "Telefoon bezet"-indicator

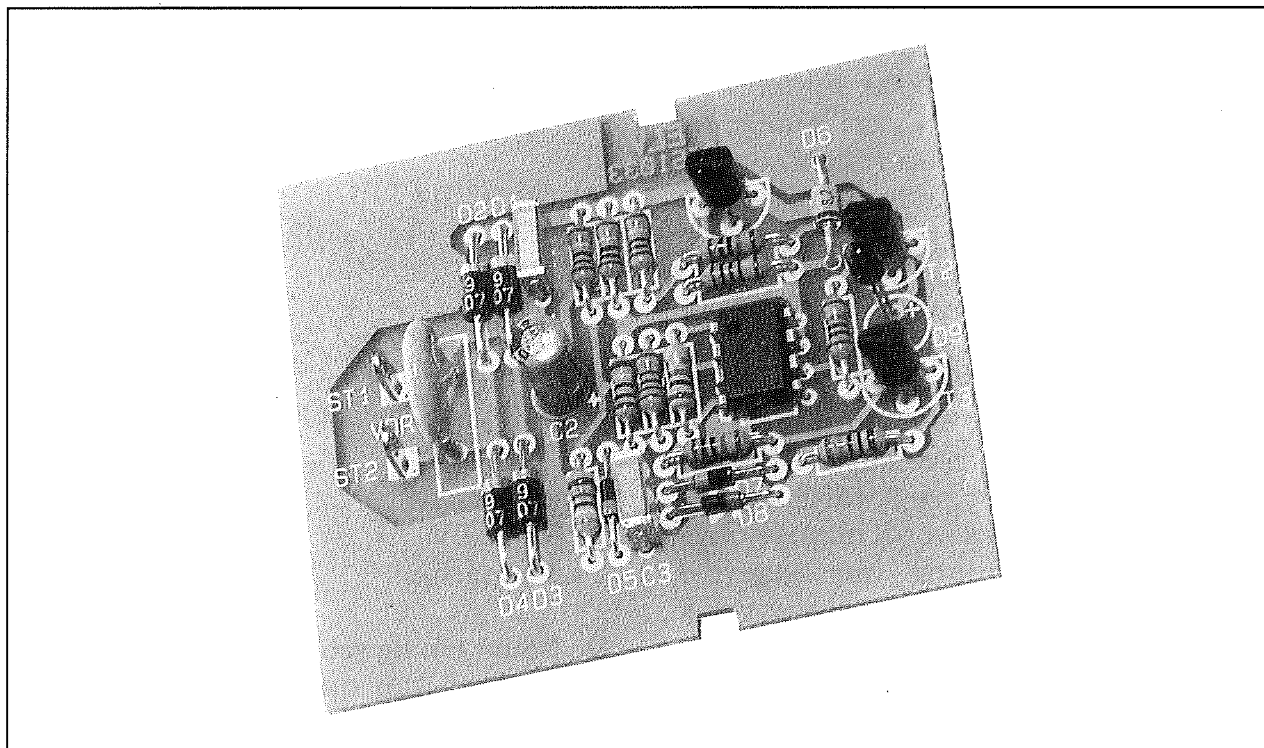
guur 4/14.41-3. De schakeling is zo eenvoudig dat er wel geen nadere toelichting noodzakelijk zal zijn! De foto van figuur 4/14.41-4 geeft een indruk van de eenvoud van dit schakelingetje. Na de bouw van de printjes kunnen deze in kleine kastjes, bijvoorbeeld van TEKO, gemonteerd worden en in de buurt van de telefoons worden opgesteld.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze "telefoon bezet"-indicator in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal, telefoon 0548-617475, fax 0548-612678. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 16571. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

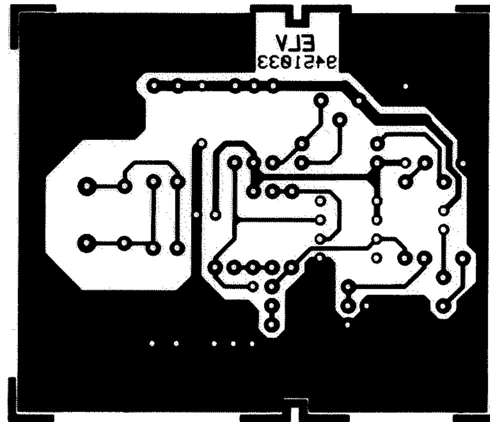


Figuur 4/14.41-3: De componentenopstelling van de print.



Figuur 4/14.41-4: Het compleet gemonteerde schakelingetje.

14.41 "Telefoon bezet"-indicator



Figuur 4/14.41-2: De print van de schakeling.

4/14.42

Alarm voor diepvriezer

Inleiding

Diepvriezers zijn zeer handige apparaten, maar de ellende is niet te overzien als om de een of andere reden het apparaat het begeeft en de inhoud vloeibaar wordt. Men kan dan in de kelder vol soep en jam letterlijk van de vloer eten! Moderne vrieskisten zijn weliswaar voorzien van een alarm, dat overgaat als de temperatuur in de kist boven een bepaalde drempel stijgt. Maar die alarmen zijn nog niet voorzien van een oplaadbaar batterijtje, zodat ook het alarm uitvalt als de calamiteit ontstaat doordat de netspanning van de vrieskist tot 0 V is teruggevallen. Bovendien zijn er honderdduizenden vrieskisten in gebruik, die nog geen ingebouwd alarm hebben. Voor al deze apparaten is het in dit hoofdstuk beschreven schakelingetje een echte uitkomst. Het apparaatje produceert een doordringend lawaai als de temperatuur in het vriesvak boven een instelbare temperatuur stijgt. Hetzelfde gebeurt als om de een of andere reden de thermostaat stuk is en de temperatuur veel te laag wordt.

Eigenschappen van de schakeling

Nu is een dergelijk alarm in principe niet zo speciaal en door een ervaren doe-het-zelver zélf te ontwerpen. De in dit hoofdstuk beschreven schakeling is echter wél speciaal. Doordacht ontworpen elektronica zorgt ervoor dat het gemiddeld stroomverbruik slechts 8 μA bedraagt! Het geheel kan dus jaren lang gevoed worden uit een normale 9 V batterij. In de meeste gevallen zal de zelfontlading van de batterij zelfs groter zijn dan de belasting door het alarm.

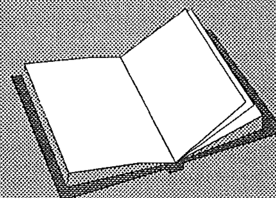
Dit laag stroomverbruik is een gevolg van een schakeltechnische voorziening, die er voor zorgt dat de elektronica maar eens om de vijftien minuten even actief wordt. Het stroomverbruik stijgt dan tot ongeveer 4 mA, nog steeds heel weinig. In die ene actieve seconde wordt worden de volgende vergelijkende metingen uitgevoerd:

- is de temperatuur lager dan -25 °C?
- is de temperatuur hoger dan -18 °C?
- is de batterijspanning lager dan 7 V?
- is de sensorkabel kortgesloten?
- is de sensorkabel open?

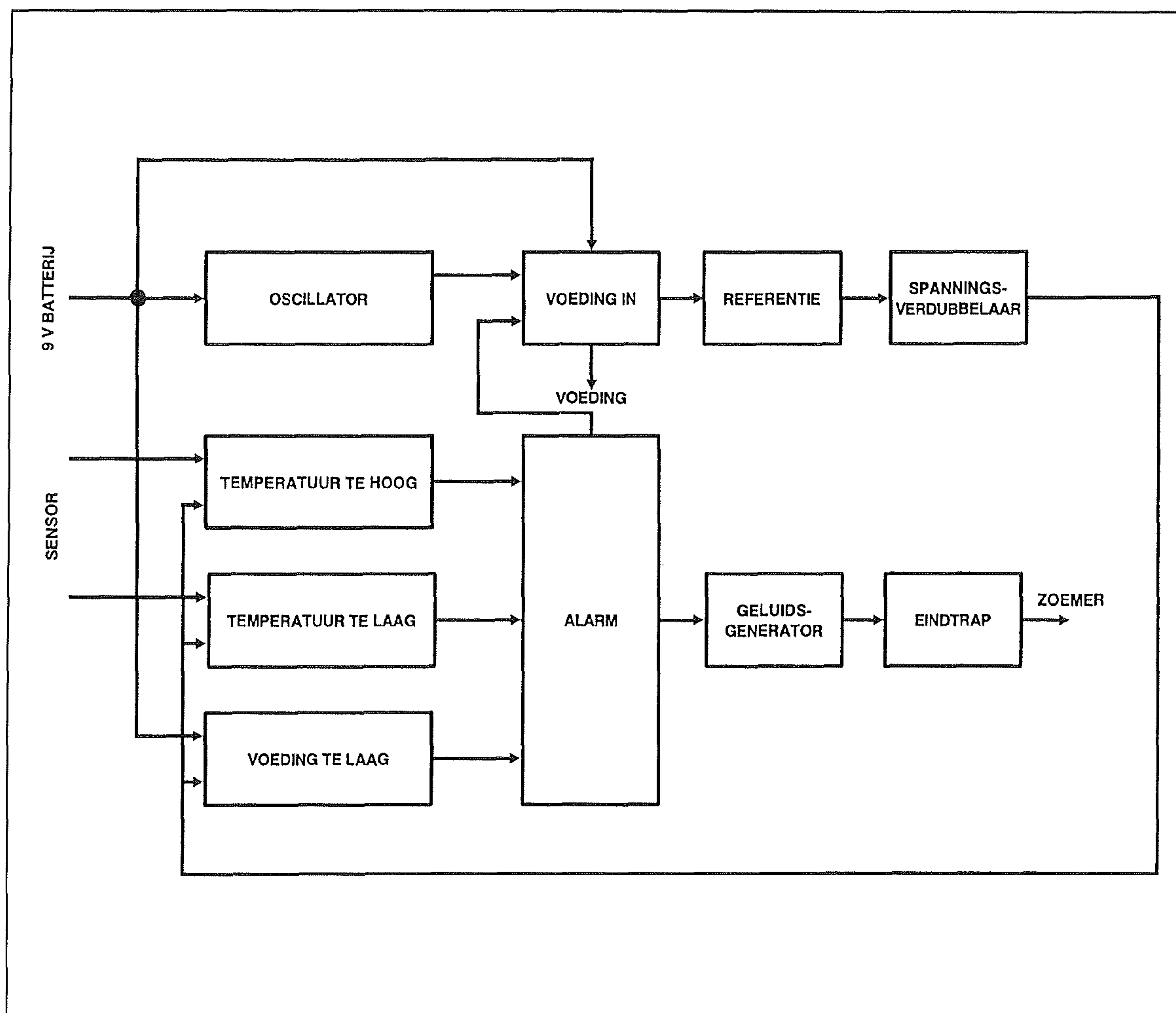
Als een van die vijf vragen met "ja" beantwoord wordt, wordt het alarm geactiveerd.

LEES OOK:

Geen verwijzingen



14.42 Alarm voor diepvriezer



Figuur 4/14.42-1: Het blokschema van de schakeling.

Ook gedurende de actieve alarmfase verbruikt de schakeling nog steeds zeer weinig stroom, zodat de alarmzoemer ongeveer vijftig uur gevoed kan worden uit de batterij.
Natuurlijk is er een reset-mogelijkheid aanwezig, terwijl een tweede drukknop een zelftest uitvoert. Bij het indrukken van deze schakelaar moet het alarm afgaan. Kortom, dit diepvries alarm is niet zo maar een schakeling, even in een paar uurtjes in elkaar geflanst, maar een weldoordacht ontwerp, waar met alle denkbare en ondenkbare omstandigheden rekening is gehouden!

Het blokschema
Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.42-1. Hart van de schakeling is een oscillator met frequentiedeler, die om de vijftien minuten een smal pulsje met een breedte van één seconde genereert. Natuurlijk is deze oscillatorschakeling rechtstreeks met de voedingsbatterij verbonden. Door speciale schakeltechnische maatregelen, onder

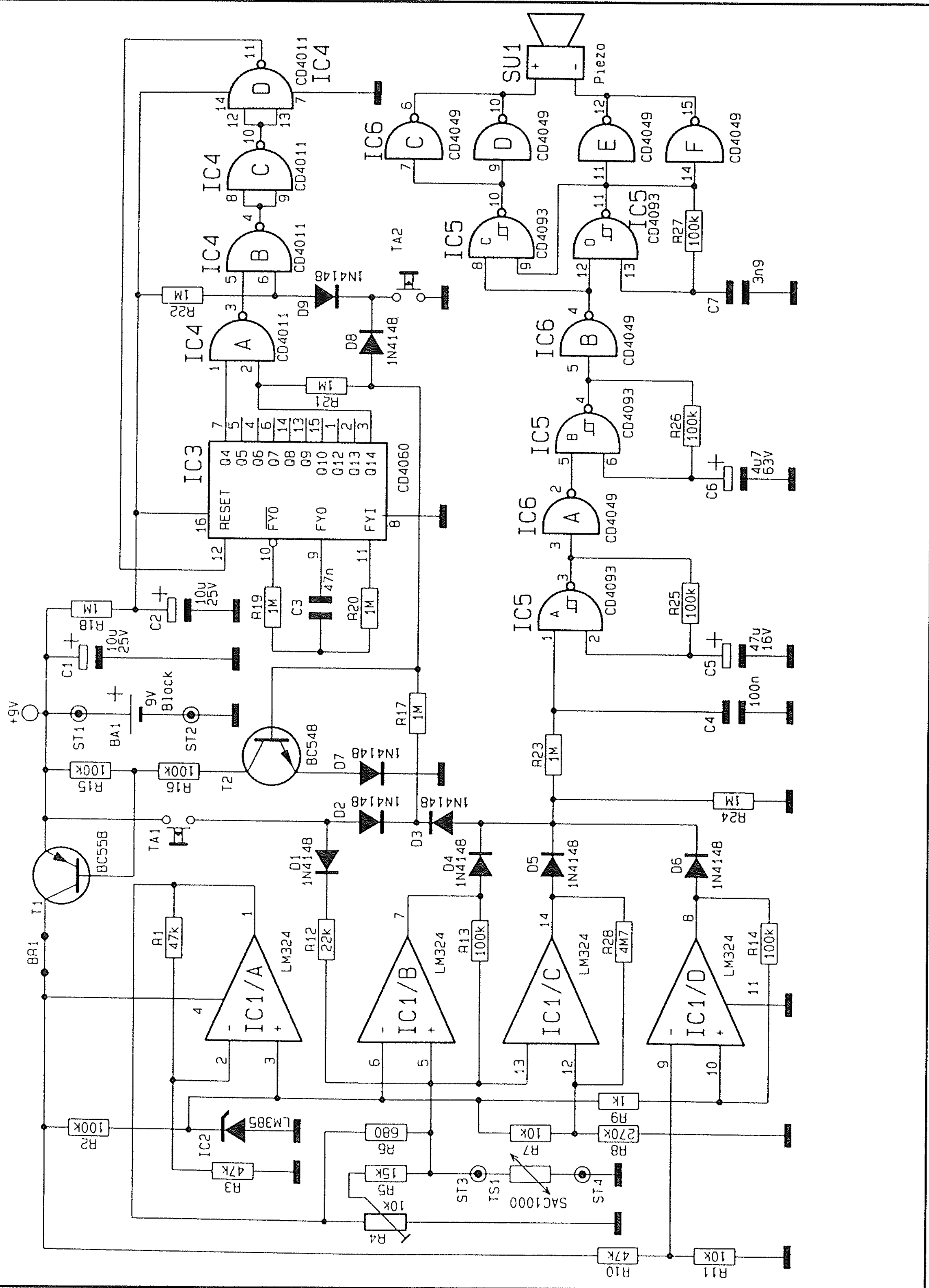
14.42 Alarm voor diepvriezer

andere het verlagen van de voedingsspanning, verbruikt deze schakeling echter slechts 5 μA.
De één seconde brede puls stuurt de trap "voeding in". Deze koppelt de 9 V voeding door naar de rest van de schakeling. Uit de voeding wordt door middel van een referentiediode een zeer stabiele spanning van 1,25 V gegenereerd. Ook deze lage waarde heeft alles te maken met het streven het stroomverbruik zo laag mogelijk te maken. De referentiespanning is echter te laag voor praktisch gebruik en vandaar dat deze in een heel zuinige spanningsverdubbelaar wordt opgepept tot 2,5 V. Deze 2,5 V wordt gebruikt als vergelijkende maatstaf voor drie comparatoren. In de onderste comparator wordt de referentie vergeleken met de actuele waarde van de voedingsspanning. In de twee bovenste comparatoren dient de referentiespanning als drempel voor de over- en ondertemperatuur detectoren. Beide schakelingen worden gestuurd vanuit een temperatuursensor, een SAC1000, die volledig vochtdicht wordt geleverd en reeds voorzien is van een aansluitkabel.
Als een van de drie comparatoren een hoge uitgang levert, wordt de "alarm"-schakeling gestuurd. Deze zorgt er in eerste instantie voor dat de voeding, ook na het wegvallen van de één seconde puls, ingeschakeld blijft, zodat het alarm gestuurd kan worden. In tweede instantie wekt deze schakeling een signaal op waarmee de "geluidsgenerator" wordt gestuurd.
Deze generator genereert een nogal ingewikkelde signaalvolgorde, die een zeer specifiek en doordringend geluid tot gevolg heeft. Op deze manier is het alarm goed hoorbaar, ook als de diepvriezer ver uit de buurt van de bewoonde kamers staat opgesteld en is het geluid onmiskenbaar te herkennen. Het doordringende karakter van het geluid wordt nog versterkt door de extra eindtrap, die de zoemer vanuit een brugschakeling aanstuurt en zodoende vier maal het normale vermogen opwekt.

Het volledig schema

Het volledig schema van de alarmschakeling is getekend in figuur 4/14.42-2. De oscillator is opgebouwd rond IC3 en de poortschakeling IC4. Beide IC's worden continu gevoed uit de batterij. Om het stroomverbruik te minimaliseren wordt de voedingsspanning echter gereduceerd tot 3,5 V. Hiervoor is de serieweerstand R18 verantwoordelijk. De condensator C2 zorgt ervoor dat deze spanning goed wordt ontkoppeld. IC3 bestaat uit een RC-oscillator en veertien frequentiedelers. De onderdelen R19, R20 en C3 leggen de oscillatorfrequentie vast op ongeveer 10 Hz. De uitgang Q14 wisselt na de 8.192-de telimpuls van "L" naar "H". Deze hoge spanning stuurt via de weerstand R21 de transistor T2 in geleiding. De collectorspanning wordt laag en het gevolg is dat de basis van transistor T1 stroom kan trekken. Ook deze halfgeleider gaat geleiden, met als gevolg dat de 9 V voedingsspanning van de batterij beschikbaar komt voor de gehele schakeling. Een seconde later schakelt de Q4-uitgang van IC2 ook naar "H". De twee hoge ingangen aan de ingangen van poort IC4A zorgen voor een lage uitgang. Deze lage uitgang wordt drie maal geïnverteerd in de overige drie poorten van dit IC. Het gevolg is dat de resetingang (pen 12) van IC3 met "H" wordt gestuurd en de tellers resetten. De sturing voor transistor T2 valt weg, T1 gaat sperren en de voedingsspanning valt weer weg. Er is één meetperiode afgelopen, zonder dat er een alarm werd opgewekt.

14.42 Alarm voor diepvriezer



Figuur 4/14.42-2: Het volledig praktisch schema van de schakeling.

14.42 Alarm voor diepvriezer

Uit de 9 V van de batterij wordt via de spanningsreferentie IC2 een zeer stabiele spanning van 1,25 V gegenereerd. De bovenste operationele versterker IC1A is, dank zij de terugkoppelweerstanden R1 en R3, geschakeld als niet-inverterende x2 versterker. Op de uitgang staat dus een zeer stabiele spanning van +2,5 V. Deze spanning zorgt via de weerstand R6 voor het instellen van de referentiedrempels van de twee temperatuurcomparatoren IC1B en IC1C. Ook de temperatuursensor TS1 wordt via de instelpotentiometer R4 uit deze referentiespanning gevoed. De SAC1000 is een temperatuursafhankelijke weerstand met positieve temperatuurscoëfficiënt. Bij een temperatuur van -18 °C heeft dit onderdeel een weerstand van ongeveer 700 Ω. De spanning over de sensor wordt rechtstreeks aan de ingangen van de comparatoren IC1B en IC1C aangeboden. Als de temperatuur stijgt, stijgt de weerstand van de sensor en dus ook de spanning op de niet-inverterende ingang van IC1B. Als deze spanning groter wordt dan de referentiespanning op de inverterende ingang, klapt de comparator om en wordt zijn uitgang gelijk aan de voedingsspanning. Via de weerstand R13 wordt een kleine hysteresisch in de werking van de schakeling ingebouwd, zodat het omklappunt van de comparator ondubbelzinnig vast ligt. De hoge spanning op de uitgang van de comparator stuurt via de dioden D4 en D3 en de weerstand R17 de basis van de transistor T2. Deze gaat geleiden en trekt T1 mee in geleiding. Als de comparator dus een alarm afgeeft, zal hij er voor zorgen dat de voedingsspanning van de schakeling aanwezig blijft, ook nadat de één seconde puls van de timing is weggevallen. De spanning over de sensor wordt ook aangelegd aan de inverterende ingang van de comparator IC1C. Hier wordt de spanning vergeleken met de licht gereduceerde referentiespanning. Deze kleine reductie ontstaat door de spanningsdeler R7/R8. Wordt het in de vriezer kouder dan ongeveer -25 °C, dan klapt de uitgang van IC1C om, met als gevolg dat via de diode D5 weer een hoge spanning naar transistor T2 gestuurd wordt. De voeding blijft weer aanwezig. Ook deze comparator is via de weerstand R28 voorzien van een kleine hysteresisch. De onderste comparator IC1D vergelijkt de referentiespanning met de gereduceerde voedingsspanning. Deze reductie wordt bereikt door de spanningsdeler R10/R11. Ook nu weer levert een alarmconditie (te lage voedingsspanning) een hoge comparatoruitgang op, die via de diode D6 de voedingsspanningsschakeling T1/T2 activeert. En ook deze comparator is voorzien van een hysteresisch via de weerstand R14. Conclusie: als een van de comparatoren een alarmconditie ontdekt, wordt zijn uitgang "H" en gaat een van de dioden D4, D5 of D6 geleiden. Hierdoor wordt het knooppunt van hun kathoden "H" en deze hoge spanning stuurt via de diode D3 de voedingsschakeling T1/T2. De genoemde hoge spanning zal echter ook doordringen tot de bovenste ingang van poort IC5A. Het netwerkje R23/C4 onderdrukt smalle stoorpulsen. IC5 is een viervoudige NAND-schakeling met ingebouwde hysteresisch. Met een dergelijke schakeling kan men op een heel eenvoudige manier een oscillator samenstellen. Het volstaat de uitgang via een weerstand terug te koppelen naar een ingang en deze ingang via een condensator te ontkoppelen naar de massa. De tweede ingang van de poort kan dan als een soort schakelaar dienst doen, die de oscillator inschakelt als de spanning op deze ingang "H" wordt.

14.42 Alarm voor diepvriezer

De geluidsgenerator bestaat uit drie van dergelijke schakelingen, die elkaar aansturen. De eerste, IC5A, wekt een signaal op met een frequentie van ongeveer 0,5 Hz. De tweede rond IC5B werkt op een frequentie van ongeveer 3 Hz. De laatste, rond IC5D, wekt een signaal op met een frequentie van 4 kHz. De oscillator van 4 kHz wordt gestuurd door de oscillator van 3 Hz, die weer gestuurd wordt door de oscillator van 0,5 Hz. Deze laatste wordt uiteraard gestuurd door de hoge alarmspanning, die via een van de dioden D4, D5 of D6 wordt aangevoerd van de comparatoren. Op deze manier ontstaat een zeer specifiek geluid, dat een halve seconde wél aanwezig is en een halve seconde niet. Gedurende de halve seconde dat het geluid wél aanwezig is wordt het nog eens in een ritme van 3 Hz in- en uitgeschakeld.
Tot slot het schema van de eindversterker. Het uitgangssignaal van de geluidsgenerator wordt geïnverteerd door de poort IC5C. Nadien worden het niet-geïnverteerde signaal en het geïnverteerde signaal aangeboden aan de ingangen van parallel geschakelde inverterende buffers uit IC6. Tussen beide uitgangen wordt de zoemer geschakeld. Dit is een typische brugconfiguratie, die er voor zorgt dat de zoemer met maximaal vermogen wordt gestuurd. Als de uitgangen van de poorten IC6C en D "H" zijn, dan zijn de uitgangen van de poorten IC6E en F "L" en vloeit er stroom van boven naar beneden door de zoemer. Draait de situatie om, dan vloeit er stroom van onder naar boven door de zoemer. De zoemer is dus nooit stroomloos, zodat het uitgestraalde vermogen maximaal is.
Tot slot van deze bespreking de functie van beide drukschakelaars TA1 en TA2. Met TA1 kan men een alarmconditie forceren. Als deze schakelaar gesloten wordt, zal de 9 V voedingsspanning via de diode D1 doordringen tot de niet-inverterende ingang van de comparator IC1B. De comparator klapt onmiddellijk om, zodat een alarmconditie ontstaat. Met TA2 wordt de onderste ingang van de poort IC4B "L" gemaakt. De uitgang van deze poort wordt "H". Dit signaal wordt twee maal geïnverteerd door de poorten IC4C en IC4D. Het gevolg is dat de RESET-ingang van IC3 "H" wordt en de tellers resetten naar nul. Via de diode D8 valt bovendien de sturing van T1/T2 weg.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R2,R3,R10	=	47	kΩ
R2,R13,R14, R15,R16,R25, R26,R27	=	100	kΩ
R5	=	15	kΩ
R6	=	680	Ω
R7,R11	=	10	kΩ
R8	=	270	kΩ
R9	=	1	kΩ
R12	=	22	kΩ
R17-R23	=	1	MΩ
R24	=	10	MΩ
R28	=	4,7	MΩ

Instelpotentiometer, PT10, liggend:

R4	=	10	kΩ

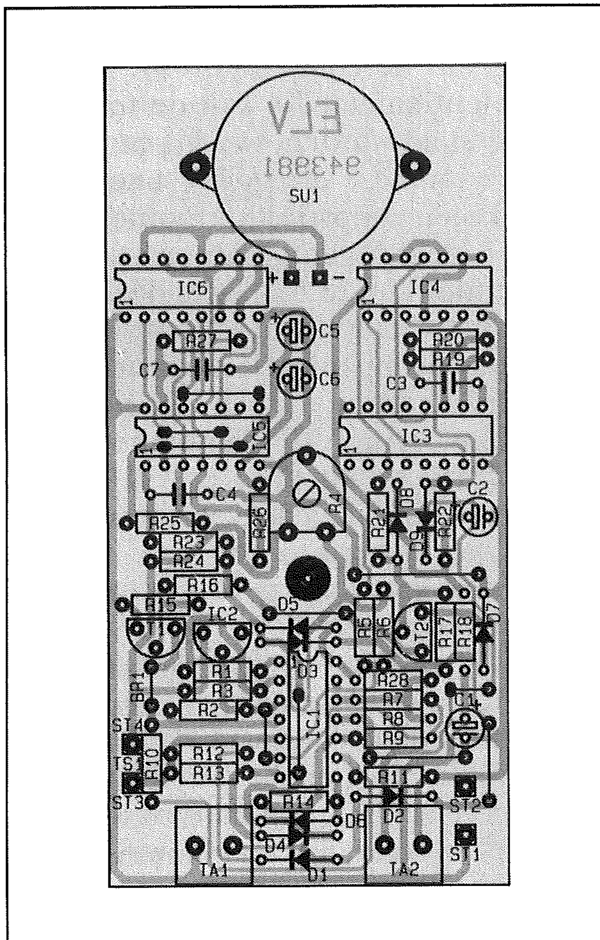
Condensatoren:

C1,C2	=	10	µF	25 V elco
C3	=	47	nF	MKH
C4	=	100	nF	MKH
C5	=	47	µF	16 V elco
C6	=	4,7	µF	63 V elco
C7	=	3,9	nF	MKH

Halfgeleiders:

D1-D9	=	1N4148

14.42 Alarm voor diepvriezer



Figuur 4/14.42-4: De componentenopstelling van de alarmschakeling.

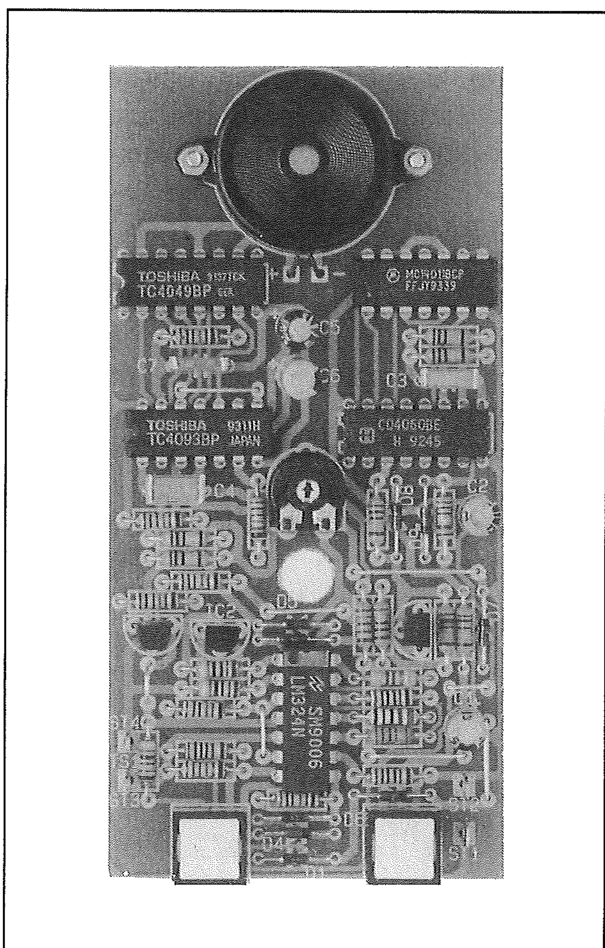
T1	=	BC558
T2	=	BC548
IC1	=	LM324
IC2	=	LM385
IC3	=	CD4060
IC4	=	CD4011
IC5	=	CD4093
IC6	=	CD4049

Diversen:
1 x SAC1000 thermosensor
2 x drukschakelaar, print
1 x piëzo zoemer
4 x soldeeroogje
1 x 9 V batterij, longlife
1 x clip voor 9 V batterij

De bouw van de schakeling
De volledige schakeling van het alarm kan ondergebracht worden op het printje dat in figuur 4/14.42-3 wordt voorgesteld. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.42-4. Bij het solderen van de negen draadbruggetjes doet men er verstandig aan de brug BR1 (in de buurt van de transistor T1) iets verhoogd op de print aan te brengen, zodat men bij het afregelen gemakkelijk een krokodilklem op dit bruggetje kan aansluiten. Nadien kan men alle onderdelen in de bekende volgorde dioden, weerstanden, transistoren, condensatoren en grote onderdelen aanbrengen en solderen. Als men een piëzoceramische zoemer heeft gekocht met twee bevestigingsgaatjes, die 29 mm van elkaar staan, kan men ook dit onderdeel op de print vast schroeven. De aansluitlipjes worden nadien verbonden met de (+) en (-) aansluitingen op de print.
De batterijclip wordt verbonden met de printaansluitklemmen ST1 (+) en ST2 (-). De ongeveer 2,5 m lange aansluitkabel van de sensor SAC1000 kan ongepoold worden verbonden met de printaansluitklemmen ST3 en ST4. De foto van figuur 4/14.42-5 geeft een impressie van de volledig gebouwde print. Na de montage kan de schakeling in een klein kunststof kastje gemonteerd worden.

Het monteren van de sensor
De sensor moet natuurlijk in de diepvrieskist gemonteerd worden. De eenvoudigste manier is de goed geïsoleerde sensor eenvoudig in het vriesvak te leggen en de aansluitkabel via de rubber dichting van de deur naar buiten te voeren. Het is natuurlijk ook mogelijk de sensorkabel naar buiten te brengen via de in iedere diepvrieskist aanwezige doorvoering voor de eigen thermostaat. De sensor kan dan

een plaatsje vinden in de buurt van de thermostaat en de kabel kan langs de aansluiting van deze thermostaat naar buiten geleid worden. Wees hierbij wel voorzichtig niets te beschadigen! Het kastje van de schakeling kan met tweezijdig klevende plakband op de behuizing van de diepvriezer geplakt worden.



Figuur 4/14.42-5: De compleet gemonteerde schakeling.

Afregelen

Alvorens men de schakeling kan afregelen, moet er een verbinding gemaakt worden tussen aansluitlipje ST1 (de plus van de batterij) en de draadbrug BR1 (de voeding van de comparatoren). Met de instelpotentiometer R4 kan de temperatuur ingesteld worden, waarbij het alarm afgaat. Voor deze afregeling heeft men eigenlijk een diepvriesthermometer nodig. Men stelt de temperatuur in op een temperatuur van -18 °C. Nadat de thermometer deze temperatuur aanwijst verdraait men de loper van R4 voorzichtig tot het alarm afgaat.

Vervolgens worden de klemmen van de sensor kortgesloten (ST3 en ST4). Ook nu moet het alarm geactiveerd worden.

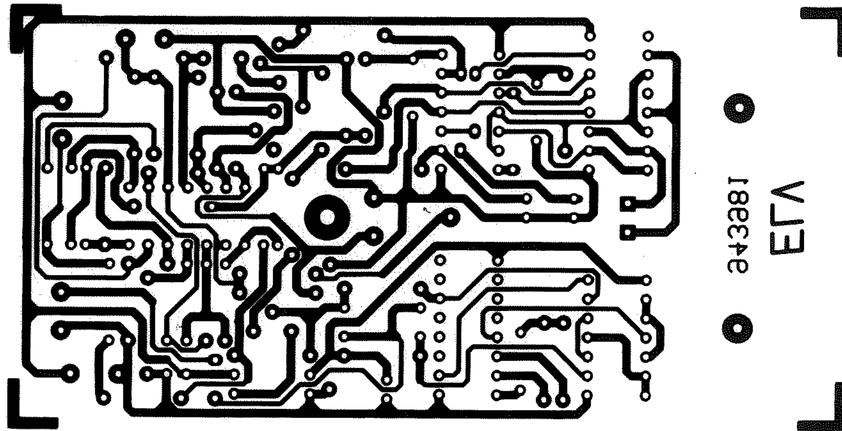
Om de werking van de detector voor te lage voedingsspanning te controleren, moet de batterij verwijderd worden en de schakeling gevoed uit een regelbare voeding. Men stelt deze eerst in op 9 V en verdraait nadien langzaam de potentiometer tot de uitgangsspanning gelijk is aan ongeveer 7 V. In de buurt van de 7 V moet de detector geactiveerd worden en het alarm afgaan.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dit alarm voor diepvriezers in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print en een behuizing, wordt verzorgd door de firma Binell B.V.,
Postbus 83, 7440 AB
Nijverdal,
telefoon 0548-617475,
fax 0548-612678.

Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 10-160-46. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.42 Alarm voor diepvriezer



Figuur 4/14.42-3: De print van de schakeling.

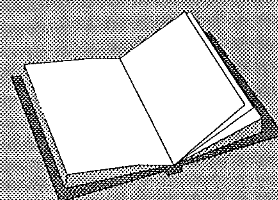
4/14.43

Radar bewegingsmelder

Inleiding
Van de verschillende systemen die ter beschikking staan voor het detecteren van beweging, is het radar-principe ongetwijfeld het meest sabotage-bestendige. Dit principe heeft immers het grote voordeel dat de elektromagnetische straling, waarmee het systeem werkt, zonder bezwaar door dunne wanden heen gaat. Men kan de schakeling dus in de muur monteren en het geheel afdekken met een afdekplaatje, waardoor niemand kan zien dat er een inbraakbeveiliging aanwezig is en er dus ook geen gevaar voor sabotage bestaat. Men kan de schakeling ook in een ***kunststof*** waterdicht kastje onderbrengen en het geheel tegen de buitengevel monteren. Een ongenode gast kan nergens aan zien dat in dit kastje een inbraakalarm zit, zodat het onopvallend kastje weinig argwaan zal wekken.
Het systeem heeft echter ook één groot nadeel en dat is dat het uitsluitend op beweging reageert en niet op bewegende warmtebronnen, zoals PID-sensoren dat doen. Een op het radar-principe gebaseerd alarmsysteem zal dus ook afgaan als er, om wat voor reden dan ook, een "koud" voorwerp van de tafel valt. Als in een met PID-sensoren beveiligde woonkamer bijvoorbeeld een vaas met bloemen omvalt, dan zal het alarm niet reageren. De vaas en de bloemen hebben immers dezelfde temperatuur als de kamerlucht en de PID-sensor "ziet" geen beweging van een warm voorwerp. Een radarsysteem zal wél reageren, omdat dit alleen gevoelig is voor beweging.

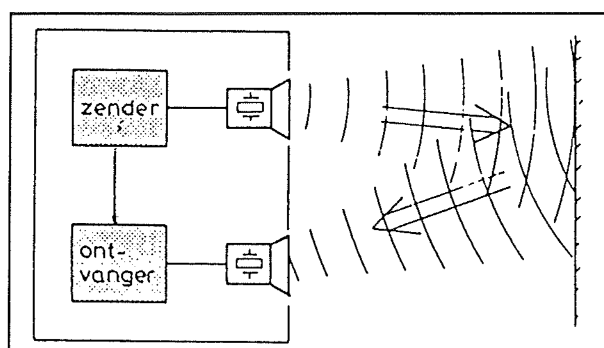
Toepassingen
De in dit hoofdstuk beschreven schakeling heeft echter als groot voordeel dat men er ook andere toepassingen kan voor verzinnen dan alleen inbraakalarmering. Omdat de schakeling op "warmteneutrale" beweging reageert kan men het systeem bijvoorbeeld ook gebruiken voor het tellen van voorwerpen, die op een lopende band staan. Grote "koude" bewegende objecten, zoals een weg rijdende auto, zullen zonder meer door het systeem gedetecteerd worden. Het gevaar dat de schakeling ook reageert op door de wind bewegende takken van bomen en struiken wordt ondervangen door de aanwezigheid van een gevoeligheidsinstelling. Bovendien is het bereik van de scha-

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.13
Hoofdstuk 4/14.7



14.43 Radar bewegingsmelder

keling heel bewust beperkt tot ongeveer 6 meter, meer dan voldoende voor alle denkbare praktische toepassingen, maar niet groot genoeg om te reageren op allerlei onschuldige bewegingen buiten het te bewaken gebied.



Figuur 4/14.43-1: Het principe van bewegingsmelders die werken volgens het Doppler-effect.

Het principe

Radar-detectie werkt volgens het Dopplerprincipe. Dat algemeen geldend natuurkundig principe stelt dat de golflengte van teruggekaatste straling afhankelijk is van de bewegingssnelheid en de bewegingsrichting van het voorwerp, waartegen de straling kaatst. Als, zoals voorgesteld in figuur 4/14.43-1, een zender elektromagnetische straling uitzendt, dan zal deze zich volgende de stralingwetten door de ruimte uitbreiden. Komt de straling een voorwerp tegen waarvan de afmetingen veel groter zijn dan de golflengte van de straling, dan zal dit voorwerp een deel van de elektromagnetische golven terug kaatsen. Deze teruggekaatste golven kunnen nu weer opgevangen worden door een antenne en via een ontvanger versterkt en gedetecteerd. Als zender, ontvanger en terugkaatsend voorwerp onderling in rust zijn, dan zal de golflengte van de teruggekaatste golven precies gelijk zijn aan de golflengte van de door de zender uitgestraalde golven. Beide golflengten kunnen nu met elkaar vergeleken worden. Als zij aan elkaar gelijk zijn weet het systeem dat er in de bestreken ruimte geen bewegende voorwerpen aanwezig zijn.

Als echter de door de zender uitgestraalde golven weerkaatsen tegen een voorwerp dat ten opzichte van de zender in beweging is, zal het Doppler-effect er voor zorgen dat de teruggekaatste golven een iets andere golflengte krijgen. Deze golven worden weer opgevangen door de antenne van de ontvanger. De schakeling kan het verschil in golflengte detecteren en daaruit een alarmsignaal afleiden. Hoe groter de snelheid van het bewegende voorwerp, hoe groter het verschil in golflengte zal zijn. Het verschil is dus een maat voor de snelheid en vandaar dat het Doppler-principe bijvoorbeeld door de politie wordt toegepast in systemen die de snelheid van auto's kunnen registreren.

Ultrasoon versus radar

Als men nu opmerkt dat ook ultrasone bewegingsmelders volgens het beschreven principe werken, heeft men het grootste gelijk van de wereld. Waarom dan een vrij duur radar-module kopen, terwijl een Doppler-melder ook met twee goedkope US-transducers samengesteld kan worden? Op de eerste plaats hebben radarsystemen het voordeel dat zij zich niet laten tegenhouden door dunne betonnen muren, vensters en hout. Dat is een groot voordeel ten opzichte van ultrasone systemen. Op de tweede plaats zijn radarsystemen veel minder gevoelig voor storingen. Geluidsbronnen die signalen uitzenden rond de werkingsfrequentie van ultrasone systemen zijn er te kust en te keur. Iedere geluidsbron die een harmonische van 36 kHz uitstraalt is in wezen een mogelijke storingsbron voor een ul-

trasoon werkend systeem. Radar-systemen werken op een frequentie van 9,35 GHz. Er is niets in en om huis te verzinnen dat elektromagnetische golven uitstraalt met een dergelijk hoge frequentie. De enige mogelijke storingsbron zijn dus bewegende voorwerpen, die geen alarm mogen activeren. Door een nauwkeurige instelling van de gevoeligheid en een uitgekiende positionering van de radar-sensor kan men de invloed van dergelijke voorwerpen elimineren. Wie dus, om wat voor reden dan ook, de voorkeur geeft aan een Doppler-systeem boven een PID-systeem, doet er erg verstandig aan zijn of haar keuze te laten vallen op een radarsysteem.

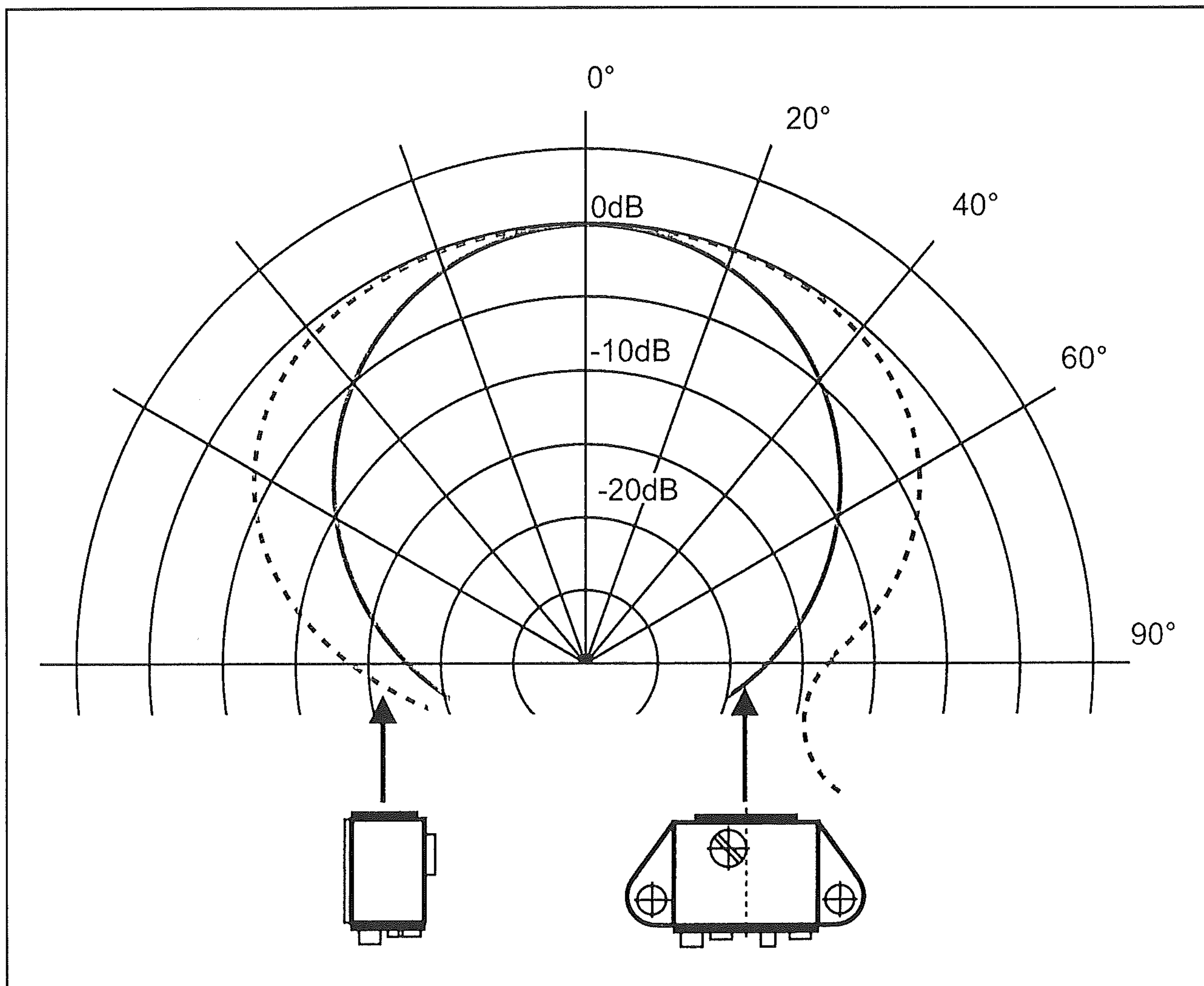
Het radar-module SMX-1

Zenders en ontvangers bouwen die werken op een frequentie van 9,35 GHz is niet weggelegd voor de hobbyïst. Maar gelukkig bieden diverse fabrikanten radarmodules aan, die alle HF-componenten bevatten en die, net zoals PID-modules, alleen op de voeding aangesloten moeten worden en een alarm-uitgang hebben. Hoewel er diverse radar-modules bestaan, zijn deze niet op de hoek van de straat te koop. In deze bouwbeschrijving wordt het SMX-1 module van Siemens toegepast, dat onderdeel uitmaakt van een kompleet bouwpakket of eventueel ook los te bestellen is. Het SMX-1 module voldoet aan alle eisen, die door de wetgever worden gesteld. De zendfrequentie is afgeregeld op de door de wet voorgeschreven 9,25 GHz, waarbij de frequentie-afwijking maximaal +/-6 MHz bedraagt. Het uitgezonden vermogen bedraagt 1 mW hetgeen ruim onder de norm voor schadelijke HF-straling ligt. Wie niet bang is om een magnetron in de keuken te gebruiken, moet ook niet bang zijn dat het radar-module te veel (volgens sommige wetenschappers ongezonde) hoogfrequente elektromagnetische straling uitzendt! De vorm en het stralingbereik van de SMX-1 zijn voorgesteld in figuur 4/14.43-2.
Hieruit blijkt dat de module een zeer brede uitstralingshoek heeft, zodat één detector in staat is een groot gebied te bewaken. De module bevat een hoorn-antenne, die zowel voor ontvangst als voor het zenden wordt gebruikt. De antenne zendt het signaal met een frequentie van 9,35 GHz uit. Het ontvangen signaal wordt door dezelfde antenne opgevangen en in een GUN-diode menger gemengd met het zendsignaal.
De verschilfrequentie tussen uitgezonden en ontvangen signaal wordt in een tweetraps-versterker versterkt. Deze versterker is afgestemd en heeft een bandbreedte van 2 Hz tot 750 Hz. Met een beetje wiskunde kan men hieruit afleiden dat de module in staat is bewegende voorwerpen met snelheden tussen 100 m/h en 40 km/h te detecteren. De uitgang van de SMX-1 levert een signaal met een frequentie die gelijk is aan het verschil tussen de uitgezonden en de ontvangen frequentie. Met andere woorden: ondanks de zeer hoge zendfrequentie van het module kan het uitgangssignaal met behulp van zeer eenvoudige LF-schakelingen verder verwerkt worden!

Blokschema

Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.43-3. De uitgang van het module wordt aangeboden aan een eenvoudige laagfrequent versterker met instelbare versterking. Hiermee wordt de gevoeligheid van de schakeling ingesteld. Het versterkte signaal gaat naar de ingang van een comparator met hysteresisch.

14.43 Radar bewegingsmelder

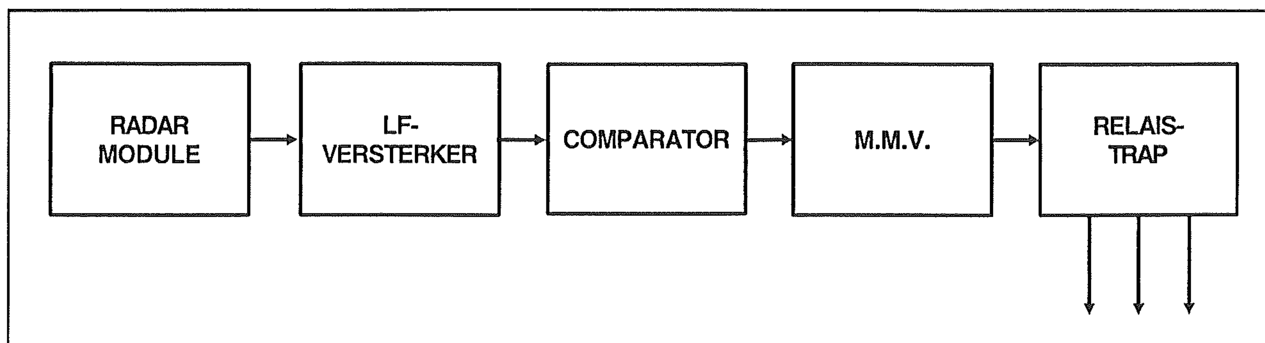


Figuur 4/14.43-2: Het stralingsbereik van de SMX-1 van Siemens.

Eén ingang van deze schakeling wordt ingesteld op een vaste referentiespanning. De tweede ingang is verbonden met de uitgang van de LF-versterker. Als het versterkte signaal zo groot wordt dat de drempel van de comparator wordt overschreden, zal de uitgang van logisch niveau wisselen.

Dit uitgangssignaal triggert een monostabiele multivibrator M.M.V. De uitgang van deze trap gaat gedurende een instelbare tijd naar "H". Deze tijd is in te stellen tussen 5 seconde en 4,5 minuten. In een relaisstuurtrap wordt een relais gestuurd, op het omschakelcontact van dit onderdeel kan men bijvoorbeeld een sirene aansluiten. De M.M.V. is door middel van een jumper op de print om te schakelen tussen hertriggerbare of niet-hertriggerbare werking. In het eerste geval zal iedere uitgangspuls van de comparator er voor zorgen dat de uitgang weer voor de ingestelde tijd naar "H" gaat, ook al was een eerdere periode nog niet afgelopen. In het tweede geval zal de schakeling een eenmalige puls afleveren. Eerst nadat deze puls is weggevallen kan de M.M.V. een tweede puls genereren.

14.43 Radar bewegingsmelder



Figuur 4/14.43-3: Het blokschema van het radar alarm.

De praktische schakeling

De praktische schakeling van de radardetector is getekend in figuur 4/14.43-4. De uitgang van het radar-module gaat via de scheidingscondensator C1 naar de niet-inverterende ingang van de operationele versterker IC1A. De versterking van de schakeling wordt ingesteld door middel van de terugkoppeling van de uitgang naar de inverterende ingang. De versterking wordt bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R3 enerzijds en de weerstanden R4+R5 anderzijds. De instelling van de trap wordt verzorgd door de beide weerstanden R1 en R2. Deze stellen de niet-inverterende ingang in op een spanning die gelijk is aan de helft van de voedingspanning. Natuurlijk moet ook de inverterende ingang op deze instelspanning komen te staan. Vandaar dat in de terugkoppeling de condensator C2 is opgenomen. Deze geeft de schakeling een gelijkspanningsversterking van 1, zodat de twee ingangen en de uitgang op dezelfde instelspanning komen te staan.
Het versterkte signaal wordt via de weerstand R6 aangeboden aan de niet-inverterende ingang van de als comparator geschakelde operationele versterker IC1B. De inverterende ingang wordt via de weerstanden R7 en R8 ingesteld op een referentiedrempel die iets hoger is dan de helft van de voedingsspanning. Als er geen signaal aan de ingang van de versterker wordt aangeboden, zal de uitgang van de versterker op de helft van de voedingsspanning staan. De inverterende ingang van de comparator is dan positiever, met als gevolg dat de uitgang van de schakeling "L" is. Levert het module een signaal en is dit zo groot dat het versterkte signaal boven de drempel van de comparator komt, dan zal de inverterende ingang van de comparator even lager wordt dan het signaal op de niet-inverterende ingang. De uitgang van de comparator klapt om naar "H" en deze puls zal de monostabiele multivibrator triggeren. De weerstand R9 geeft de comparator een kleine hysteresisch, waardoor het omklappunt van de trap beter gedefinieerd wordt.
De monostabiele multivibrator is samengesteld rond een CD4538, een geïntegreerde M.M.V. Als op de triggeringang 4 een positieve puls wordt aangelegd, zal de uitgang op pen 6 gedurende een bepaalde tijd naar "H" gaan. De breedte van deze uitgangspuls wordt bepaald door de waarden van de R/C-combinatie die is aangesloten op pen 2. Met de condensator C5 van 220 µF en de weerstanden R12 en R13 kan men de breedte van de uitgangspuls instellen tussen 5 seconde en 4,5 minuut. Door de ingang op pen 5 ofwel te verbinden met de voedingsspanning, ofwel met de geïnverteerde uitgang (pen 7) kan

14.43 Radar bewegingsmelder

men de hertriggerbaarheid van de M.M.V. in- of uitschakelen. Schakelt men de jumper JP1 naar de voeding, dan werkt de M.M.V. als hertriggerbare schakeling, met als gevolg dat het uitgang "H" blijft zolang dat het radar-module een signaal van voldoende grootte afgeeft.
Als de Q-uitgang van de M.M.V. "H" wordt, wordt de $\overline{Q}$-uitgang "L". Dit verschijnsel wordt gebruikt voor het aansturen van de LED D1. Deze LED gaat dus branden als de alarmschakeling wordt geactiveerd. De uitgang van de M.M.V. stuurt de schakeltransistor T1 in geleiding. Deze halfgeleider stuurt op zijn beurt het relais RE1 aan, met als gevolg dat de ingebouwde schakelaar omklapt en de soldeerlipjes KL4 en KL5 met elkaar worden doorverbonden.

De voeding
De voeding voor de schakeling is getekend in figuur 4/14.43-5 en is de eenvoud zelve. Het radar-module heeft een ingebouwde stabilisator en de rest van de elektronica kan gevoed worden via de in figuur 4/14.43-4 getekende stabilisator IC4.
Vandaar dat de voeding zich kan beperken tot het absolute minimum: een trafo, vier dioden, twee condensatoren en een ontstoorspoeltje.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1,R2	=	1 MΩ
R3	=	33 kΩ
R4	=	3,3 kΩ
R6,R11	=	1 kΩ
R7,R13	=	22 kΩ
R8	=	27 kΩ
R9,R10	=	100 kΩ
R14,R15	=	10 kΩ

Instelpotentiometers:

R5,R12	=	1MΩ, PT10 liggend
R16,R17	=	1 kΩ, PT15 staand

Condensatoren:

C1,C2	=	4,7 µF	63 V elco
C3	=	68 nF	folie
C4	=	10 µF	25 V elco
C5	=	220 µF	25 V elco
C6	=	47 µF	16 V elco
C7,C8,C12	=	100 nF	ceramisch
C10	=	470 µF	50 V elco

Halfgeleiders:

D1	=	LED 3 mm rood
D2-D6	=	1N4001
T1	=	BC337
IC1	=	LM358
IC2	=	CD4538
IC3	=	SMX-1
IC4	=	78L08

Diversen:
1 x spoel 14 µH
1 x trafo 12 V, 125 mA
1 x relais 12 V, 1 x OM
1 x printzekeringhouder
1 x zekering 5 A
1 x printkroonsteen, 2-polig
1 x printkroonsteen, 3-polig
1 x codeersteker, 3-polig
5 x printsoldeerlipje
1 x waterdicht kunststof kastje
diverse schroeven en boutjes

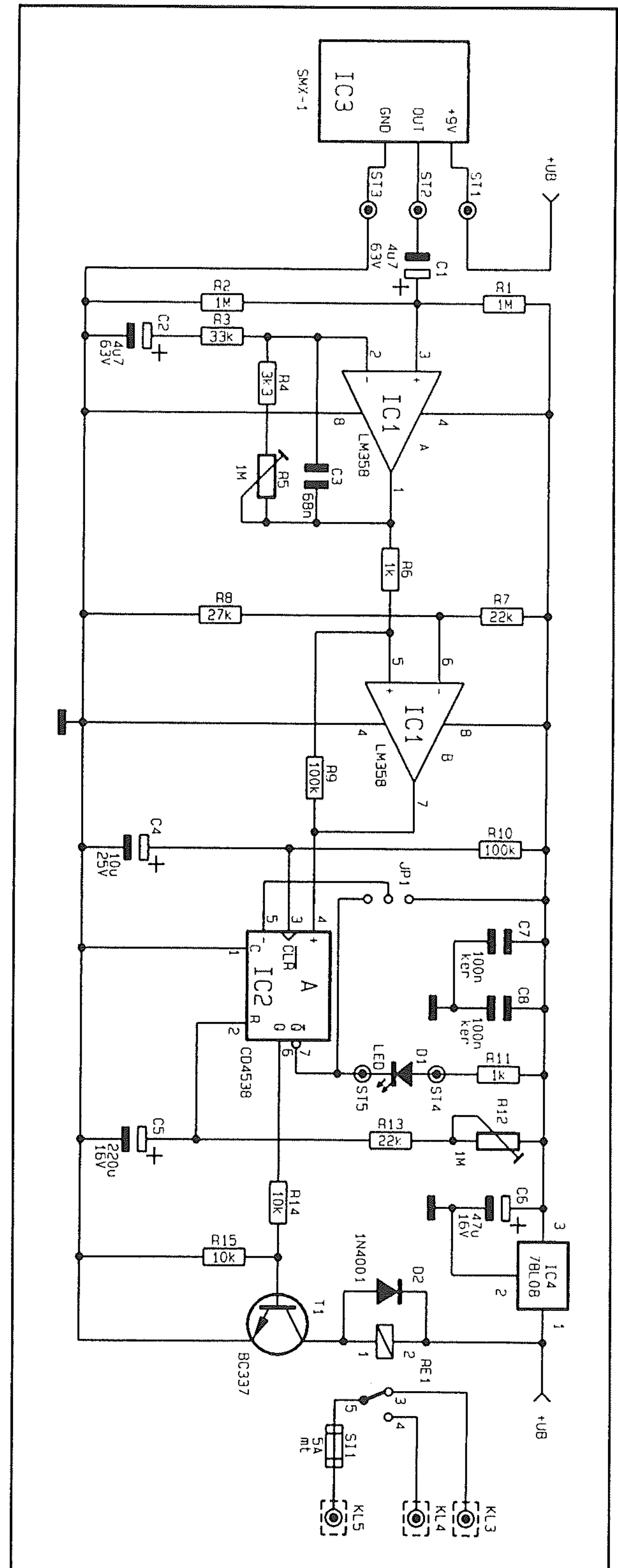
De bouw van de schakeling
Met uitzondering van het radar-module vinden alle onderdelen een plaatsje op de print die in figuur 4/14.43-6 wordt voorgesteld.
Na het etsen en boren moet deze print echter in stukken worden gezaagd. Het is namelijk de bedoeling dat het module beweegbaar in het kastje wordt gemon-

14.43 Radar bewegingsmelder

teerd, zodat men de gunstigste stralingshoek kan instellen.
Hiervoor hebben de ontwerpers van de schakeling een zeer handige en eenvoudige oplossing gevonden. Na enige studie van de print valt op dat er twee L-vormige stukjes aanwezig zijn. Deze moeten zeer nauwkeurig uitgezaagd worden. Het is de bedoeling dat het module op deze twee stukjes printplaat wordt gemonteerd. Nadien worden de twee lange benen van deze stukjes printplaat in de gleuven van twee rechtopstaande instelpotentiometers gestoken. Als een en ander nauwkeurig wordt uitgevoerd, kan het module vrij bewegen over een grote hoek in de uitsparing die in de basisprint is aangebracht. Uiteraard moet ook deze uitsparing in de print worden uitgezaagd.
Na dit zaagwerk kan men beginnen met het monteren van alle onderdelen op de basisprint. Hiervoor wordt de componentenopstelling van figuur 4/14.43-7 als richtlijn genomen. De juiste montagevolgorde is:

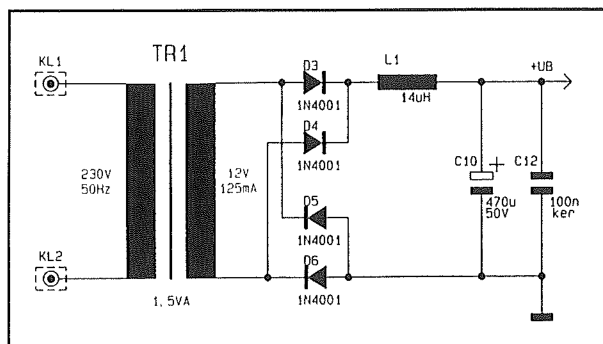
- de ene draadbrug naast C8;
- de 13 weerstanden;
- de 7 dioden;
- de spoel L1;
- de ceramische condensatoren;
- de foliecondensator C3;
- de 5 printsoldeerlipjes;
- de instelpotentiometers R5 en R12;
- de twee DIL-IC's;
- de stabilisator IC4;
- de ene transistor;
- de elco's;
- de voedingstrafo;
- het relais;
- de zekeringhouder met zekering;
- de printkroonsteentjes;
- de codeersteker.

De basisprint is nu klaar, zodat de aandacht verlegd kan worden naar ...



Figuur 4/14.43-4: Het volledig praktisch schema van de radar detector.

14.43 Radar bewegingsmelder



Figuur 4/14.43-5: De voeding voor de schakeling.

Het radar-module

De twee L-vormige stukjes printplaat worden met M3x10 boutjes, 5 mm afstandsbusjes en M3 moertjes aan weerszijden van het module bevestigd. Een en ander volgt uit de foto van figuur 4/14.43-8. Nadien wordt gekeken of de twee lange benen van de L-vormige plaatjes gemakkelijk in de gleufjes van de twee staande potentiometers kunnen worden geschoven. Als dit zonder problemen gaat, wordt het geheel op de basisprint bevestigd door de zes aansluitpennetjes van de instelpotentiometers in de daarvoor bestemde printgaatjes te duwen en nadien vast te solderen. De soldeereilandjes zijn nergens mee verbonden en dat is ook normaal, want de twee instelpotentiometers dienen alleen maar als mechanische hulpmiddelen om het module te kunnen bewegen. Door de stroefheid van de potentiometers is men er zeker van dat het radar-module in iedere stand blijft staan. Nadat het module mechanisch met de print is verbonden, worden de drie aansluitingen met soepele draadjes verbonden met de printpennetjes ST1, ST2 en ST3.

Inbouw in een behuizing

Koopt men het bouwpakket, dan wordt een waterdicht kunststof kastje meegeleverd. In alle overige gevallen zal men zelf op zoek moeten gaan naar een dergelijk kastje, dat de minimale afmetingen van 120 x 80 x 57 mm^3 moet hebben. Metalen kastjes zijn uiteraard onbruikbaar, omdat deze als een kooi van Faraday werken en verhinderen dat de elektromagnetische straling uittreedt.
De basisprint kan met drie M3 boutjes, drie 10 mm afstandbusjes en drie M3 moertjes op de bodem van het kastje worden bevestigd. In de bovenzijde wordt een klein gaatje geboord voor de LED D1. Deze wordt verbonden met de printsoldeerlipjes ST4 en ST5. In een van de zijkanten van het kastje komen twee gaatjes voor respectievelijk de 230 V voedingsaansluiting en de relaisuitgangen. De 230 V wordt verbonden met de printkroonsteentjes KL1 en KL2, de relaisuitgangen met KL3, KL4 en KL5.

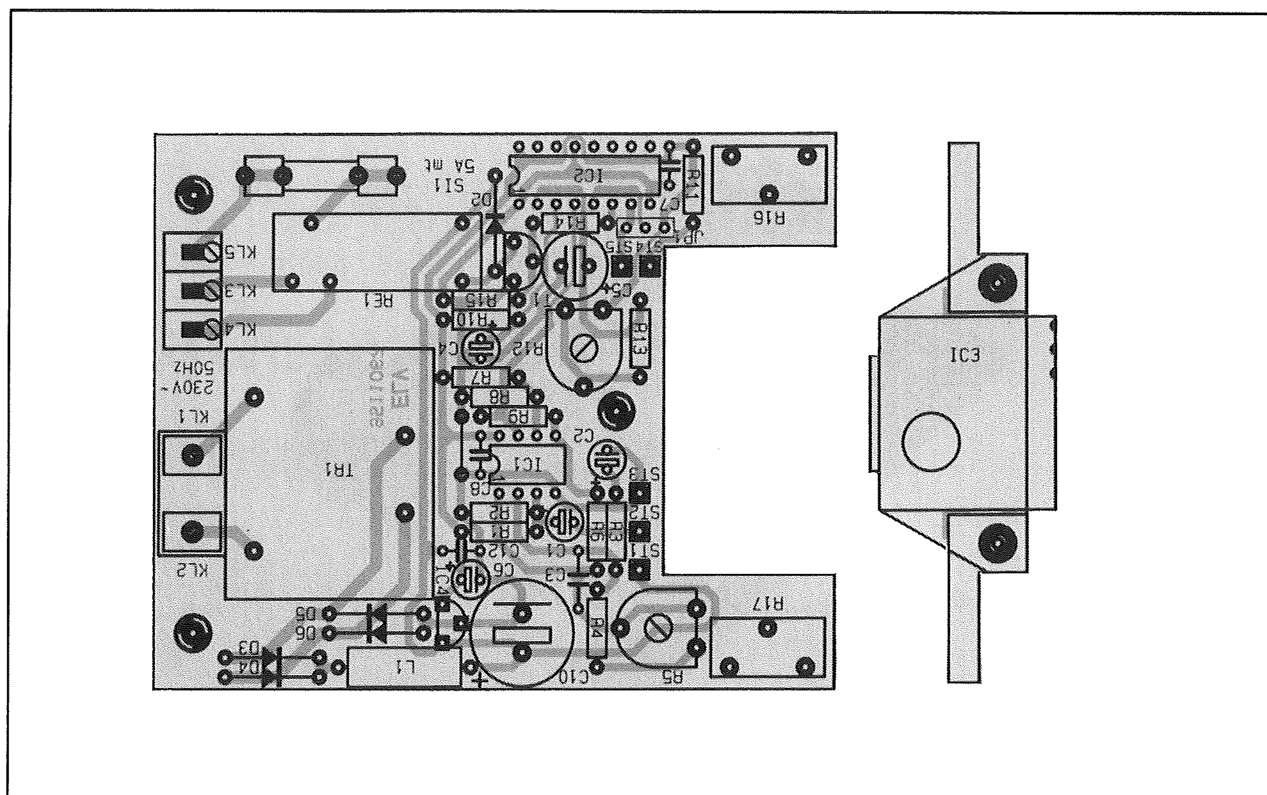
Afregelen van de schakeling

Over het afregelen van de schakeling valt weinig meer te vertellen dan dat een en ander een zaak is van veel experimenteren. Nadat het kastje tegen een muur is bevestigd (of in de muur) wordt de deksel even verwijderd en wordt het radarmodule verdraaid tot de voorzijde de juiste positie heeft om het te beveiligen gebied volledig te bestrijken. Nadien moet men experimenteren met de twee instelpotentiometertjes:

- R5 bepaalt de gevoeligheid van de schakeling;
- R12 bepaalt de aanspreektijd van het relais.

Als beide instellingen naar wens zijn, kan men de deksel weer op de kast bevestigen en is het radar-alarm klaar voor gebruik.

14.43 Radar bewegingsmelder

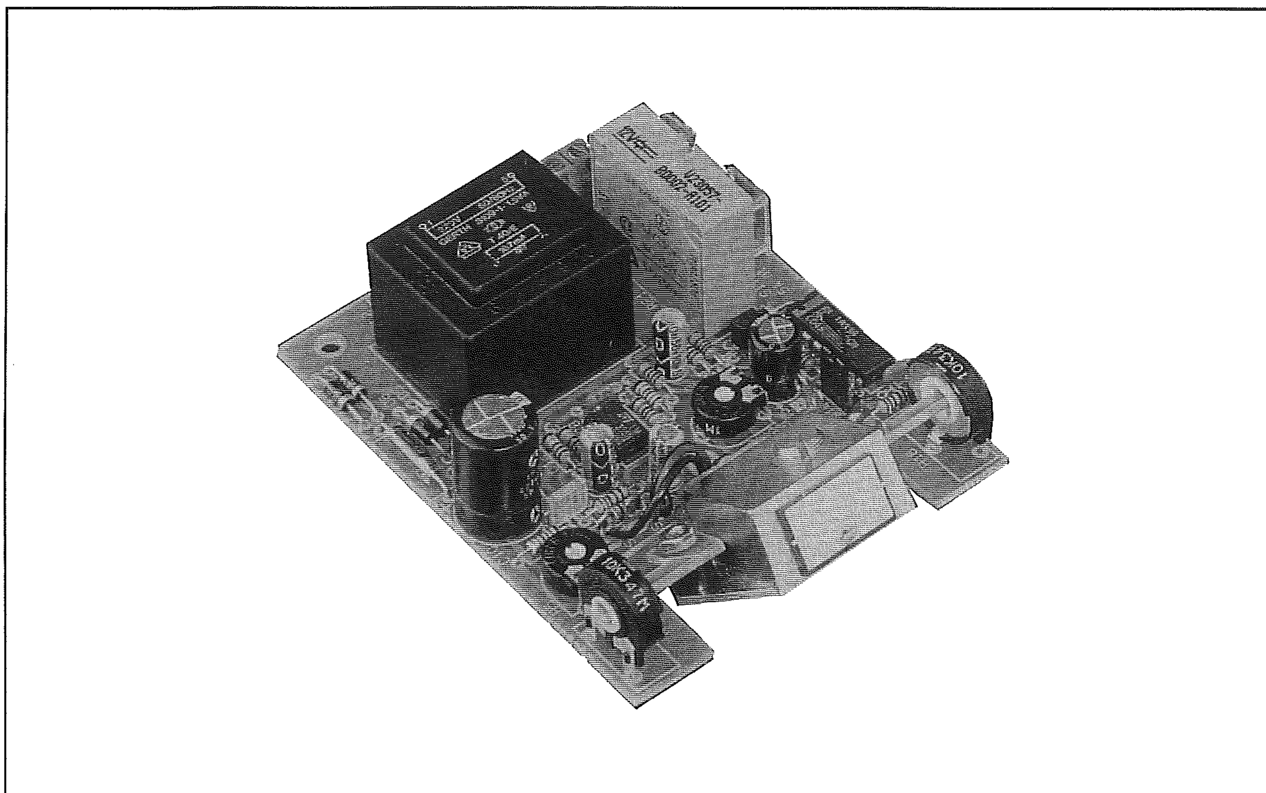


Figuur 4/14.43-7: De componentenopstelling van de print en de montage van het radar-module op de twee L-vormige stukjes printplaat.

Bouwpakket informatie

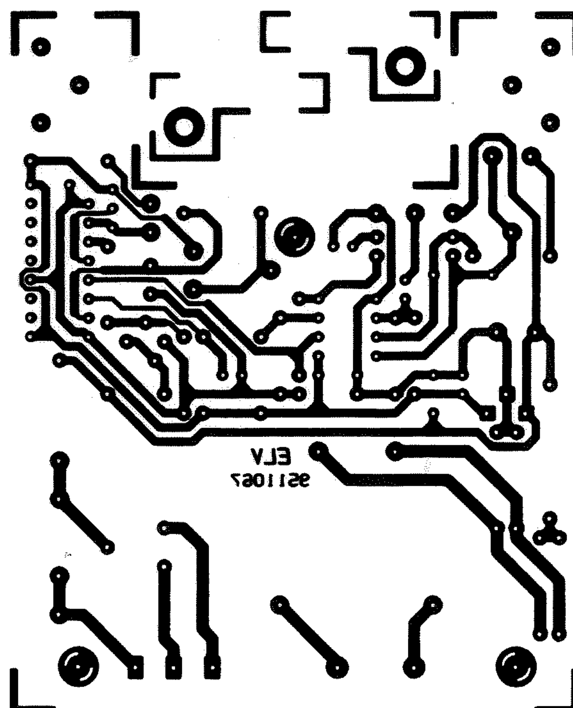
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat dit radar-alarm in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print, het radar-module en de behuizing, wordt verzorgd door de firma
Binell B.V.,
Postbus 83,
7440 AB Nijverdal,
telefoon 0548-617475,
fax 0548-612678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 10-178-47. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.43 Radar bewegingsmelder



Figuur 4/14.43-8: De kant en klare beweginsdetector. Let op de montage van het radar-module!

14.43 Radar bewegingsmelder



Figuur 4/14.43-6: De print van de schakeling.

4/14.44

Universele temperatuur zekering

Inleiding

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling is inzetbaar voor het beveiligen van transformatoren, halfgeleiders en koelplaten tegen te hoge temperaturen. De temperatuur wordt gemeten met een speciale halfgeleider-sensor. De uitgang bestaat uit een relais, zodat men volledig vrij is in de manier waarop men de schakeling wil laten reageren op een te hoge temperatuur. De contacten van het relais kunnen gebruikt worden voor het inschakelen van een ventilator of voor het uitschakelen van de voedingsspanning van de schakeling die te warm wordt. Natuurlijk zou men het relais kunnen weglaten en in plaats daarvan een LED opnemen. Die gaat dan branden op het moment dat de sensor een te hoge temperatuur registreert, waarna handmatige actie vereist is.

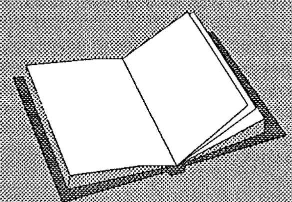
Specificaties

- voedingsspanning:
  +7,5 V tot +25 V
- instelbereik temperatuur:
  40 °C tot 130 °C
- hysteresisch op de temperatuur:
  5 °C
- uitgangsvermogen:
  relais met één 5 A omschakelcontact

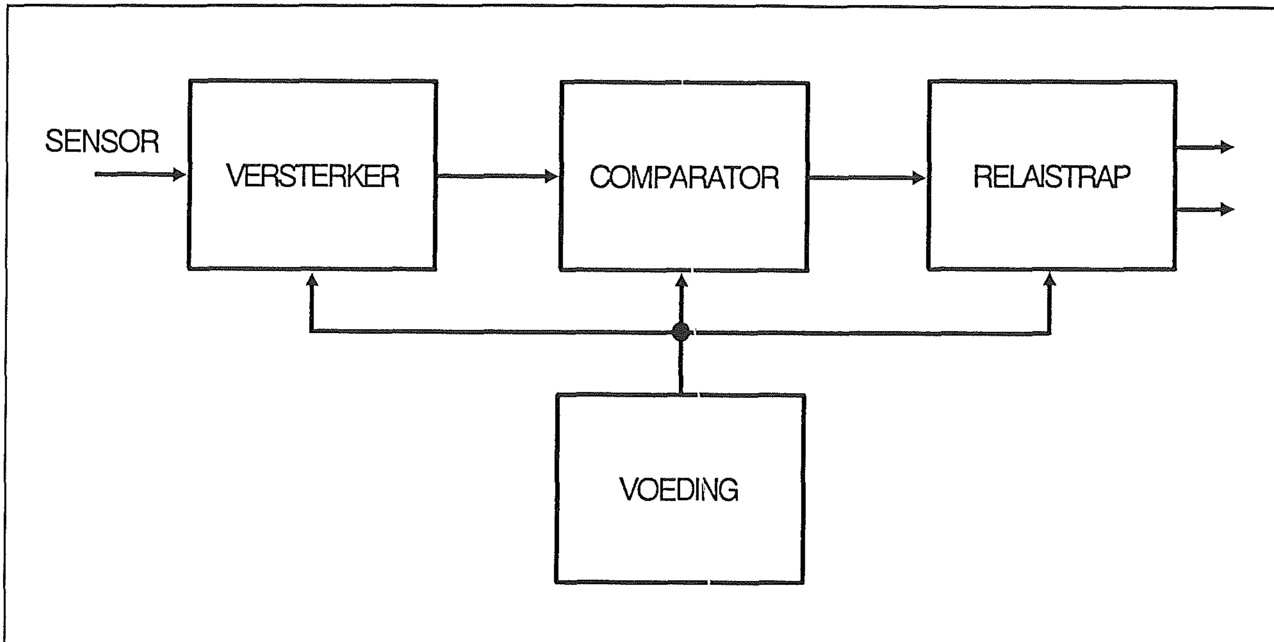
Het blokschema

Het blokschema van deze nuttige schakeling is getekend in figuur 4/14.44-1. De sensor is opgenomen in een brugschakeling, waarvan een van de twee diagonaalspanningen aan de ingang van een versterker wordt aangeboden. Deze versterker heeft een niet erg grote versterkingsfactor, maar is voornamelijk bedoeld om uit de diagonaal-spanning van de brug een spanning af te leiden die gerefereerd is aan de massa. Na de versterker volgt een comparator met instelbare referentie. Hier wordt de uitgangsspanning van de versterker vergeleken met de referentie. Als beide spanningen aan elkaar gelijk worden zal de uitgang van de comparator naar "H" gaan. Deze hoge uitgangsspanning stuurt via een transistor het relais.
De comparator is voorzien van een hysteresisch van 5 °C. Dat wil zeggen dat het omklappunt van de schakeling afhankelijk is van de richting waarin de ingangsspanning de referentiespanning nadert.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.4
Hoofdstuk 4/8.9
Hoofdstuk 4/14.34
Hoofdstuk 4/14.42



14.44 Universele temperatuur zekering



Figuur 4/14.44-1: Het blokschema van de universele temperatuur zekering.

Stel dat de schakeling is ingesteld op 50 °C. Als de uitgangsspanning van de versterker de referentiespanning die met deze temperatuur overeen komt van beneden af nadert, zal de comparator inderdaad bij 50 °C omschakelen. Door het invoeren van de hysteresisch zal nadien, als de temperatuur van de sensor weer daalt, de comparator eerst omklappen als de gemeten temperatuur gelijk is aan 45 °C.
Op deze manier wordt voorkomen dat het relais gaat klapperen. Zonder deze hysteresisch zou namelijk de uitgangsspanning van de comparator, bij iedere minieme temperatuursvariatie van de sensor, voortdurend omklappen van "L" naar "H" en dan weer naar "L".

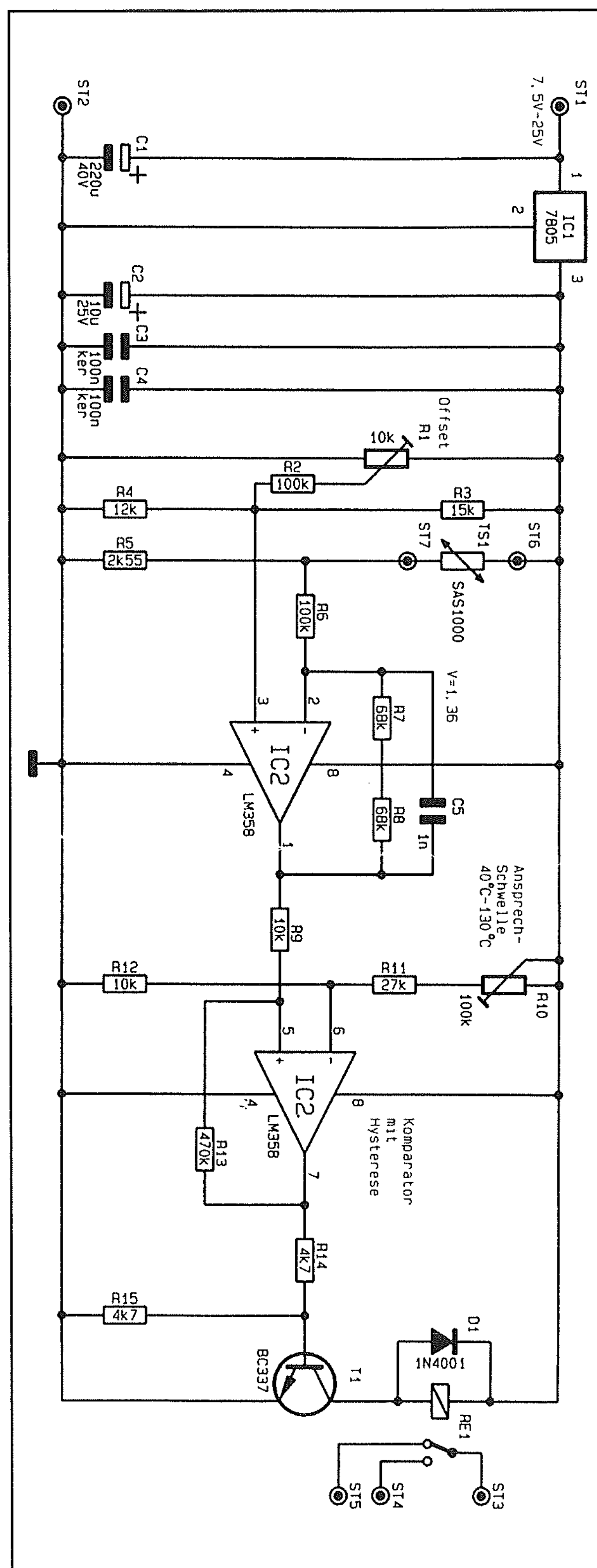
Het volledig schema

Het volledig schema van de schakeling wordt voorgesteld in figuur 4/14.44-2. De temperatuursensor, een SAS1000, is opgenomen in een brug van Wheatstone die voor de rest bestaat uit de drie weerstanden R3, R4 en R5. De ene diagonaal van de brug is aangesloten tussen de voedingsspanning en de massa, de tweede gaat naar de twee ingangen van de operationele versterker IC2a.
Het toepassen van een brugschakeling heeft een aantal voordelen.
De schakeling wordt veel minder gevoelig voor variaties op de voedingsspanning en kan, door een geschikte keuze van de componenten van de brug, heel nauwkeurig berekend worden voor het gewenste temperatuurbereik. Een derde groot voordeel is, dat door het opnemen van een serieweerstand in de leiding van de sensor (R5), men de lineariteit van de sensor kan optimaliseren. Vandaar dat deze weerstand een nogal ongewone waarde heeft, namelijk 2,55 kΩ. De operationele versterker IC2a heeft een versterkingsfactor die bepaald wordt door de weerstanden R6, R7 en R8. Deze factor is zo berekend dat, in samenhang met de dimensionering van de brug, de volgende eigenschappen ontstaan:

14.44 Universele temperatuur zekering

- bij een temperatuur van 0 °C staat op de uitgang van de operationele versterker een spanning van precies 0 V;
- de schaal van de schakeling is gelijk aan 10 mV/°C, hetgeen dus betekent dat bij 25 °C er een spanning van 250 mV gemeten kan worden en bij 100 °C een spanning van 1,000 V.

Dank zij deze maatregelen is de schakeling gemakkelijk af te regelen. De brugschakeling zélf levert 7,35 mV/°C, dank zij de operationele versterker wordt deze waarde verhoogd tot 10 mV/°C. De schakeling kan afgeregeld worden met de offset-potentiometer R1.
De condensator C5 in de terugkoppeling van de operationele versterker dient voor het onderdrukken van oscillatieneigingen.
Omdat de versterker alleen gelijkspanningen moet versterken, kan men zonder enig probleem de vrij hoge waarde van 1 nF toepassen.
De tweede operationele versterker IC2b is geschakeld als comparator. De inverterende ingang wordt ingesteld op een referentiespanning, die wordt opgewekt door de spanningsdeler R10, R11 en R12. Met de potentiometer R10 kan men de waarde van deze spanning zo instellen, dat de schakeling omklapt bij temperaturen tussen 40 °C en 130 °C. De uitgang van de versterker gaat via de weerstand R9 naar de niet-inverterende ingang van de comparator. Deze weerstand zorgt, samen met zijn soortgenoot R13, voor het introduceren van de hysteresisch in het gedrag van de comparator.
De werking is eenvoudig. Stel dat de referentiespanning op de inverterende ingang staat ingesteld op 1 V. Als de temperatuur van de sensor gelijk is aan 50 °C zal de versterker via de weerstand R9 een spanning van 0,5 V aanleveren.



Figuur 4/14.44-2: Het volledig schema van de temperatuur zekering.

14.44 Universele temperatuur zekering

De inverterende ingang is dan positiever dan de niet-inverterende ingang, de uitgang van de comparator zoekt het massapotentiaal op. De niet-inverterende ingang wordt nu belast naar de massa door de weerstand R13, maar de waarde van deze weerstand is ten opzichte van de waarde van R9 zo groot, dat dit weinig invloed heeft. Stel nu dat de temperatuur van de sensor stijgt tot 100 °C. De niet-inverterende ingang komt op een spanning van 1 V te staan met als gevolg dat, bij zelfs de kleinste temperatuurstijging, de spanning op de niet-inverterende ingang groter wordt dan de spanning op de inverterende ingang.
De comparator klapt om en de uitgang gaat positief worden. De weerstand R13 zorgt er nu voor dat een deel van deze spanning wordt teruggekoppeld naar de niet-inverterende ingang. Deze wordt dus opeens positiever dan 1 V. Het gevolg is dat de temperatuur tot onder de 100 °C moet dalen, alvorens de spanning op de niet-inverterende ingang weer gelijk wordt aan 1 V en de uitgang van de comparator weer omklapt naar het massapotentiaal.
De verhouding tussen de weerstanden R9 en R13 is zo gekozen, dat de hysteresisch gelijk is aan 5 °C. Zoals reeds in de inleiding vermeld, zorgt deze hysteresisch ervoor dat het relais zich rustig gedraagt en niet gaat klapperen.
De uitgang van de comparator stuurt via de spanningsdeler R14 en R15 de basis van de transistor T1. Als de comparatoruitgang "H" wordt gaat de transistor geleiden en wordt het relais RE1 bekrachtigd.

De voeding voor de schakeling

De voeding van de schakeling, links in figuur 4/14.44-2 voorgesteld, is de eenvoud zelve. Uit een ongestabiliseerde spanning van +7,5 V tot +25 V wordt door middel van de geïntegreerde stabilisator IC1 een gestabiliseerde spanning van +5 V afgeleid.
Deze wordt ontkoppeld door een aantal condensatoren en staat dan ter beschikking van de schakeling.

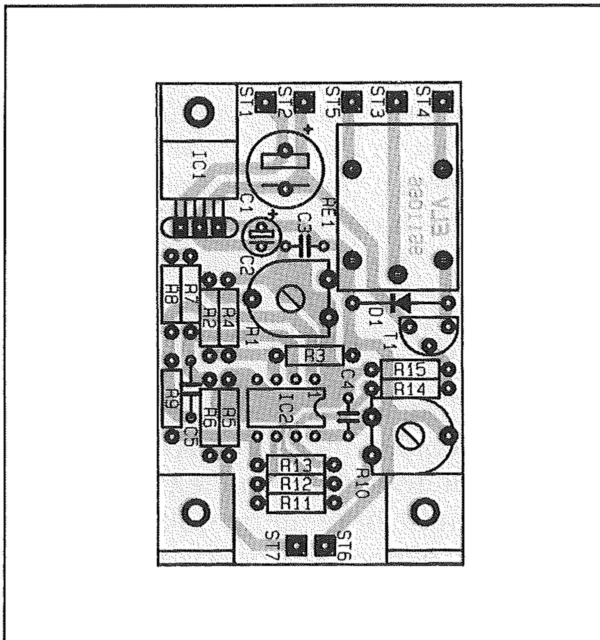
Onderdelenlijst

Weerstanden, 1 %, MF:

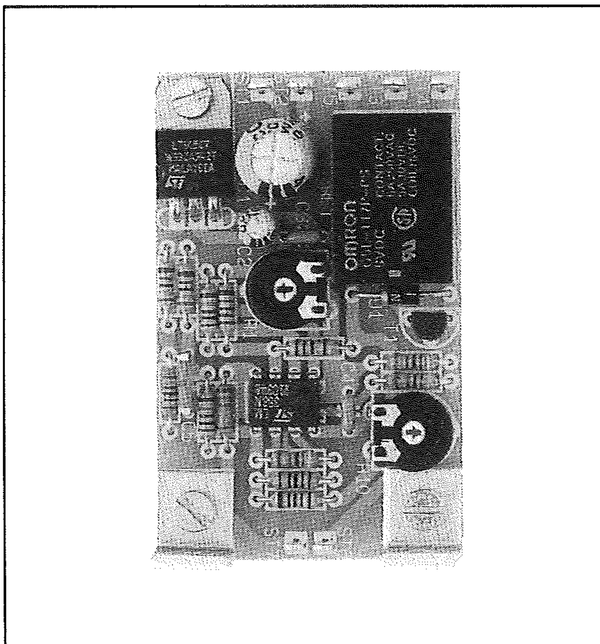
R2,R6	=	100	kΩ	
R3	=	15	kΩ	
R4	=	12	kΩ	
R5	=	2,55	kΩ	
R7,R8	=	68	kΩ	
R9,R12	=	10	kΩ	
R11	=	27	kΩ	
R13	=	470	kΩ	
R14,R15	=	4,7	kΩ	
Instelpotentiometers, PT10, liggend:				
R1	=	100	kΩ	
R10	=	10	kΩ	
Condensatoren:				
C1	=	220	μF	40 V elco
C2	=	10	μF	25 V elco
C3,C4	=	100	nF	ceramisch
C5	=	1	nF	MKH
Halfgeleiders:				
D1	=			1N4001
T1	=			BC337
IC1	=			7805
IC2	=			LM358
TS1	=			SAS1000

Diversen:
1 x relais 5 V 5 A
7 x printsoldeerlipje
2 x aluminium montagebeugel
3 x M3x5 boutje
3 x M3 moertje

14.44 Universele temperatuur zekering



Figuur 4/14.44-4: De componentenopstelling van de schakeling.



Figuur 4/14.44-5: De kompleet gemonteerde schakeling.

De bouw van de schakeling

Deze zeer eenvoudige schakeling is snel nagebouwd op het printje dat in figuur 4/14.44-3 op de transparante printpagina is voorgesteld. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.44-4.
Allereerst worden de 7 printsoldeerlipjes op de print bevestigd. Nadien komen de 13 weerstanden aan de beurt. Het is reeds in de onderdelenlijst aangegeven, maar wordt hier nog eens herhaald: ***het is absoluut noodzakelijk 1 % metaalfilmweerstanden toe te passen!*** Doet men dat niet, dan wordt het geheel veel te temperatuursafhankelijk en kan de goede werking van de schakeling niet gegarandeerd worden. Nadien komt de diode D1 aan de beurt, die de belangrijke taak heeft de schakeltransistor te beschermen tegen de tegenspanningen die door de relaisspoel worden opgewekt. Vervolgens verschijnen de vijf condensatoren en de transistor op het podium. De montage van de twee IC's, de twee instelpotentiometers en het relais beëindigt de bouw van de schakeling. De spanningsstabilisator IC1 wordt vlak op de print gemonteerd en vastgeschroefd met een van de M3x5 boutjes.
Figuur 4/14.44-5, tot slot, geeft een overzicht van de volledig gemonteerde print.

Afregeling en praktische toepassing

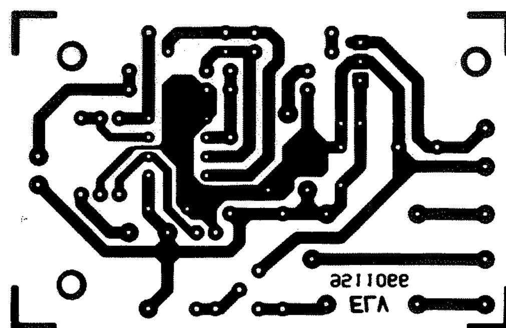
Het printje van de schakeling werd zo ontworpen, dat de schakeling zeer eenvoudig is in te bouwen in bestaande apparatuur. Zo zou men het geheel tegen een koelplaat kunnen bevestigen of tegen de achterwand van een behuizing kunnen monteren. Voor de mechanische bevestiging van de print heeft men twee gaatjes ter beschikking, waarop men bijvoorbeeld twee L-vormige aluminium montagebeugeltjes kan vastschroeven. Op deze manier kan de print heel gemakkelijk op het te bewaken object bevestigd worden.
De temperatuursensor SAS1000 wordt aangesloten op de soldeerpennetjes ST6

14.44 Universele temperatuur zekering

en ST7. Afhankelijk van de montage van het geheel, kan de sensor rechtstreeks op de pennetjes gesoldeerd worden of via twee geïsoleerde draadjes op de print aangesloten worden. De sensor moet natuurlijk gemonteerd worden op het object waarvan de temperatuur bewaakt moet worden, bijvoorbeeld een koelplaat. Het is in ieder geval aan te bevelen een flinke klodder warmtegeleidende pasta tussen het object en de sensor aan te brengen.
Omdat de schakeling helemaal vrij staat van de elektronica waarvan de temperatuur gecontroleerd moet worden, zal het in de meeste gevallen mogelijk zijn de voedingsspanning uit de schakeling af te takken. Deze spanning, die minimaal gelijk moet zijn aan 7,5 V en maximaal 25 V, wordt aangesloten op de soldeerpennen ST1 (plus) en ST2 (min). Tussen de pennen ST3, ST4 en ST5 staat het omschakelcontact van het relais ter beschikking.
Voor het afregelen van de schakeling heeft men een thermometer en een digitale universeelmeter nodig. Na het inschakelen van de voedingsspanning wacht men vijf minuten tot de schakeling zichzelf gestabiliseerd heeft. Vervolgens meet men de temperatuur in de omgeving van de sensor.
Men zet de universeelmeter tussen de massa en de uitgang van de eerste operationele versterker (pen 1 van de LM358) en regelt de offset-potentiometer R1 af tot de uitgangsspanning proportioneel is met de temperatuur. Meet men bijvoorbeeld een sensortemperatuur van 25,5 °C, dan moet men de loper van de instelpotentiometer verdraaien tot men een spanning meet van 255 mV. Vervolgens moet men de aanspreektemperatuur van de schakeling instellen. Hiervoor verplaatst men de positieve meetstift van de universeelmeter naar pen 6 van de LM358. Men verdraait nu de loper van de instelpotentiometer R10 tot men de juiste spanning meet. Ook nu moet men rekening houden met de schaalfactor van 10 mV/°C. Moet de schakeling reageren op een temperatuur van 100 °C, dan moet men de loper van de instelpotentiometer verdraaien tot men een spanning van precies 1,000 V moet op pen 6 van de dubbele operationele versterker.
De schakeling is hiermee afgeregeld. Wat rest is de schakeling op een zodanige manier met de te beveiligen elektronica verbinden, dat de beveiliging ook echt effectief is. Bij een eindversterker zou men bijvoorbeeld de voedingsspanning van de versterker kunnen onderbreken en via het relaiscontact aansluiten. Op het moment dat de koelplaat van de eindtransistoren heter wordt dan 100 °C zal het relais inschakelen en zal het relaiscontact de voedingsspanning van de versterker onderbreken.
Op het moment dat de temperatuur van de koelplaat gedaald is tot 95 °C zal het relais afvallen, waardoor de versterker weer onder spanning komt te staan.

Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze universele temperatuur zekering in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket wordt verzorgd door de firma Binell B.V.,
Postbus 83, 7440 AB Nijverdal,
telefoon 0548-617475,
fax 0548-612678.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 12-186-48.
Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.44 Universele temperatuur zekering



Figuur 4/14.44-3: De print van de schakeling.

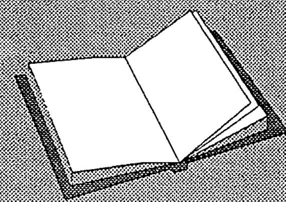
4/14.45

Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

Inleiding
In dit hoofdstuk wordt de bouw van een universele schakelklok beschreven, instelbaar tussen 15 seconden en meer dan 31 uur! De belasting wordt door middel van een elektronisch relais met de 230 V wisselspanning verbonden en kan zowel tijdens het doorlopen van de ingestelde tijd als na het aflopen van deze tijd met het net worden verbonden.
De eigenlijke elektronische tijdschakeling is zeer eenvoudig en bestaat uit niets meer dan één operationele versterker en twee twaalfdelers. De rest van de schakeling bestaat uit een aantal helpkringen, die het echte tijd-mechanisme omvormen tot een handig en praktisch apparaatje, waar tal van toepassingen in en rondom het huis voor te vinden zijn. Denk bijvoorbeeld aan de donkere kamer, het instellen van de belichtings- en ets-tijd van printen, het automatisch inschakelen van een elektrisch kacheltje na een bepaalde tijd, het automatisch inschakelen van een paar lampjes in huis om afwezigheid van de bewoners te maskeren, etc.
Hoewel dit ontwerp alles behalve nieuw is, het proto-type werd reeds in 1984 ontworpen en gepubliceerd in het nu niet meer bestaande tijdschrift “Elektronica ABC” dat werd uitgegeven door uitgeverij “De Muiderkring”, ziet het apparaatje er zo leuk uit en is het zo handig, dat het jammer zou zijn om een volledig nieuwe generatie zelfbouwers er geen kennis mee te laten maken.

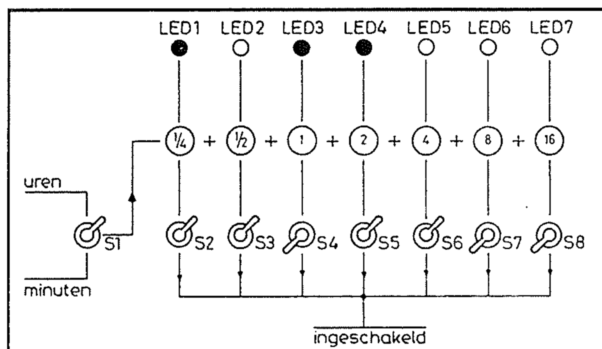
Het instellen van de tijd
Het unieke van dit ontwerp is dat het instellen van de tijd op een binaire manier gebeurt. In figuur 4/14.45-1 is een deel van het frontplaatje getekend. Acht tuimelschakelaars S1 tot en met S8 en zeven LED’s D1 tot en met D7 zorgen voor het grote, maar toch zeer nauwkeurig in te stellen bereik. De eerste schakelaar S1 stelt het bereik in: uren of minuten. De zeven overige schakelaars hebben ieder een binair “gewicht”. S2 heeft het binair gewicht 1/4, S3 1/2 en zo verder tot S8 die 16 als binair “gewicht” heeft. De schakelklok wordt ingesteld door de gewenste tijd te ontleden in de basis-“gewichten” van de schakelaars.
Stel bijvoorbeeld dat men een belasting precies 25 uur wil inschakelen. Het getal 25 wordt ontleed tot de som van de binaire

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/6.2
Hoofdstuk 4/14.12
Hoofdstuk 4/14.13



14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

"gewichten" 16, 8 en 1. Het volstaat de schakelaars met de genoemde binaire "gewichten" in te schakelen en de bereikenschakelaar S1 in de stand uren te zetten. Na het starten van de klok gaat een LED knipperen en de belasting wordt met het net verbonden. Na 15 minuten gaat de LED D1, gemonteerd boven de schakelaar met "gewicht" 1/4, branden. Deze LED geeft aan dat er 1/4 uur, dus een kwartier is verlopen. Na een half uur dooft deze LED en gaat zijn soortgenoot D2 ("gewicht" 1/2) branden, hetgeen het teken is dat er nu reeds een half uur van de ingestelde tijd is doorlopen.



Figuur 4/14.45-1: Het binair instellen van de gewenste schakeltijd met behulp van acht tuimelschakelaars.

Kortom: door de binaire "gewichten" van de brandende LED's bij elkaar op te tellen kan men eenvoudig aflezen hoeveel tijd er is verlopen sinds het starten van de klok.

Van het papier gelezen lijkt dat allemaal veel ingewikkelder dan het in de praktijk is. Als men de klok op bijvoorbeeld 15,5 minuten wil instellen, dan schakelt men S7, S6, S5, S4 en S3 in (8+4+2+1+0,5=15,5) en zet S1 in de stand "minuten". Zo simpel is het!

Het instellen van de tijd werkt dus op precies dezelfde manier als deze waarmee men tiendelige getallen omzet in hun binaire equivalenten. Een systeem dat iedere elektronicus kent en dat de basis vormt van de binaire elektronica!

Deze originele manier van het instellen van de tijd heeft tot gevolg dat men drie vliegen in één klap kan slaan:

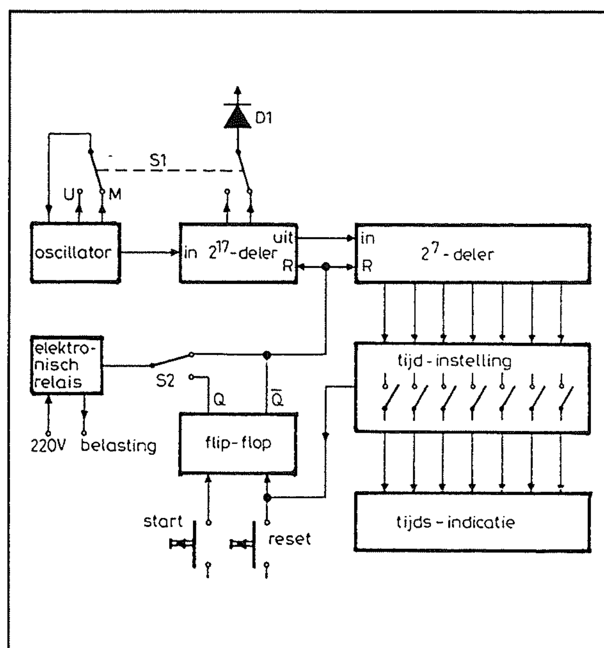
- er zijn geen ingewikkelde toestanden noodzakelijk om een heel groot instelbereik te verkrijgen;
- iedere gewenste tijd in dit grote bereik kan toch vrij nauwkeurig ingesteld worden;
- de reproduceerbaarheid van een bepaalde tijd is maximaal, men hoeft de tweede keer immers de schakelaartjes maar in dezelfde standen te zetten.

Het blokschema

Het blokschema van de universele schakelklok is getekend in figuur 4/14.45-2. De schakeling wordt gestuurd uit de informatie op de twee uitgangen Q en $\overline{Q}$ van een flip-flop. Bij het inschakelen van het apparaat wordt deze flip-flop steeds in de stand Q = "L" gereset. De inverse uitgang $\overline{Q}$ is bijgevolg "H" en dit hoge signaal stuurt de reset-ingangen van twee delerketens. De eerste deler wordt gestuurd met het uitgangssignaal van een oscillator. De frequentie van deze schakeling is omschakelbaar tussen 145,63 Hz en 8,738 kHz. Op dit moment gebeurt er echter nog niets, de deler is gereset en de ingangspulsen worden niet geteld. Het indrukken van de "START"-schakelaar set de flipflop. Q wordt "H" en $\overline{Q}$ "L". De sturing van de reset's valt weg, de delerketens gaan de ingangspulsen tellen. De eerste deler is samengesteld uit 17 tweedelers. Daar iedere deler de frequentie van het ingangssignaal door twee deelt, kan men berekenen dat de 17 trappen de frequentie van de oscillator door 2^{17} of 131.072 delen!

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

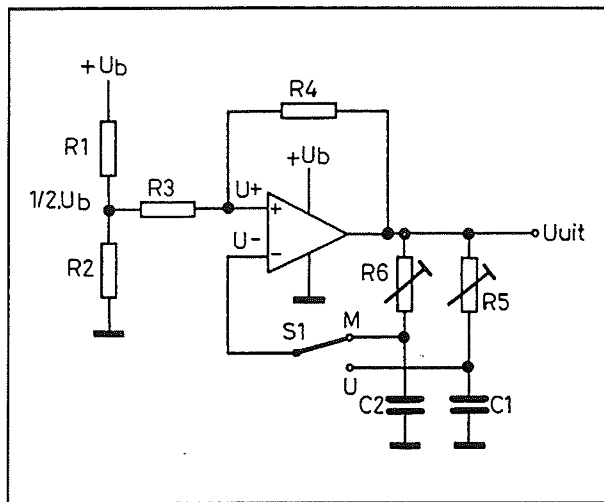
Stel dat de oscillator staat ingesteld op een frequentie van 8,738 kHz. De uitgangsfrequentie van de eerste delerketen wordt dan:
8,738 kHz : 131.072 = 0,0666656 kHz
hetgeen overeenkomt met één puls per 15 seconde.



Figuur 4/14.45-2: Het blokschema van de universele schakelklok.

Anderzijds, als de frequentie van de oscillator op 145,63 Hz staat ingesteld, kan men berekenen dat de uitgang van de eerste delerketen om de 15 minuten een puls aflevert.
Kortom: afhankelijk van de stand van S1 zal er aan de ingang van de tweede delerketen om de 15 seconden of om de 15 minuten een puls verschijnen, hetgeen overeenkomt met de minimale tijden die met de klok instelbaar zijn in de twee bereiken.
Een tweede contact van S1 schakelt een LED D1 om tussen twee uitgangen van de eerste delerketen. Deze LED verzorgt de reeds genoemde knipperende indicatie na het starten van de klok. Voor beide standen van S1 wordt deze LED gestuurd uit een uitgang van de delerketen, waar een signaal met een frequentie van ongeveer 1 Hz ter beschikking staat.
De tweede delerketen is opgebouwd uit zeven tweedelers en alle zeven uitgangen gaan naar het blok "tijdinstelling" en naar het blok "tijdindicatie". Hoe dat precies gaat, wordt later toegelicht, nu volstaat het om te weten dat het blok "tijdinstelling" een pulsje aflevert na het bereiken van de ingestelde tijd. Dat pulsje stuurt de flipflop. Deze schakeling wordt gereset. Uitgang Q wordt "L", uitgang $\overline{Q}$ wordt "H". De reset's van de delers worden gestuurd, de delerketen wordt in-actief. De schakeling staat weer in ruststand, de klok heeft één cyclus doorlopen en wacht op een nieuwe startpuls.
Het beschreven apparaat is een schakelklok en dus moet er iets in- en uitgeschakeld kunnen worden. Vandaar het blokje "elektronisch relais", dat een op de klok aangesloten belasting met het 230 V net verbindt. Door middel van omschakelaar S2 kan men de ingang van dit relais met een van de uitgangen van de flip-flop verbinden. In de getekende stand wordt het relais gestuurd uit de Q-uitgang van de schakeling. Na een "START" wordt deze uitgang "L" en dat komt er op neer dat het relais dan geen stuursignaal ontvangt. Door de elektronische opbouw van het relais komt dit overeen met een gesloten relais! De belasting wordt met het net verbonden. Schakelt men S2 om, dan wordt de stuuringang verbonden met de $\overline{Q}$-uitgang van de flip-flop. Het relais ontvangt dan een stuurpuls gedurende de telcyclus, hetgeen overeen komt met een open relais. De belasting wordt na het doorlopen van de ingestelde tijd met het net verbonden.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



Figuur 4/14.45-3: Het hart van de schakeling: de eenvoudige oscillator rond een operationele versterker.

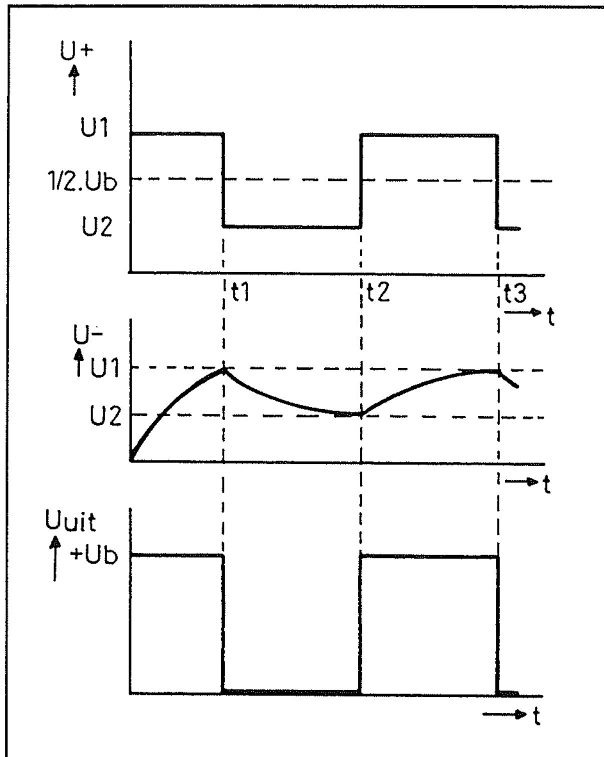
De oscillator

De oscillator is zonder meer het kloppende hart van de elektronica te noemen. Deze schakeling moet er immers voor zorgen dat de delers ofwel met een frequentie van 145,6 Hz, ofwel met een frequentie van 8,73 kHz gestuurd worden. Het praktisch schema van de oscillator is getekend in figuur 4/14.45-3. De schakeling is opgebouwd rond de operationele versterker IC1. Tussen de positieve voedingsspanning en de massa is een laag-ohmige spanningsdeler R1-R2 geschakeld, die een spanning gelijk aan de helft van de voedingsspanning opwekt. De niet-inverterende ingang van de op-amp is verbonden met het knooppunt van de weerstanden R3 en R4. R3 gaat naar de helft van de voedingsspanning, R4 naar de uitgang van de op-amp. De inverterende ingang van de op-amp gaat via de schakelaar S1 naar het knooppunt van twee RC-netwerken. De condensatoren liggen aan de massa, de weerstanden gaan naar de uitgang. Bij het bespreken van de werking wordt verondersteld dat de bereikenschakelaar S1 in de getekende stand staat en dan is het het netwerkje R6-C2 dat de werking bepaalt.

De werking van de oscillator wordt toegelicht aan de hand van de timing-grafieken van figuur 4/14.45-4. Wat gebeurt er bij het aanschakelen van de voedingsspanning? De condensator C2 is volledig ontladen, de inverterende ingang staat bijgevolg op 0 V. De niet-inverterende ingang is in ieder geval positief. De spanning op de niet-inverterende ingang is groter dan de spanning op de inverterende ingang, de uitgangsspanning van de op-amp is gelijk aan de voedingsspanning. Nu dit bekend is, kan men de preciese waarde van de spanning op de niet-inverterende ingang vaststellen. De spanningsdeler R3-R4 is geschakeld tussen 1/2*Ub en Ub. De niet-inverterende ingang staat bijgevolg op een spanning U1, ergens tussen 1/2*Ub en Ub gelegen. De juiste waarde is afhankelijk van de weerstanden R3 en R4, maar is niet belangrijk voor het begrijpen van de werking van de schakeling. Deze waarde wordt voorgesteld door de spanning U1 in de grafieken. De condensator C2 gaat zich opladen via de weerstand R6. De spanning op de inverterende ingang (U- in de grafieken van figuur 4/14.45-4) stijgt en na een bepaalde tijd t1 wordt deze spanning gelijk aan U1. De inverterende ingang wordt positiever dan de niet-inverterende ingang, de uitgang van de op-amp wordt nul. De spanningsdeler R3-R4 is nu verbonden tussen 1/2*Ub en 0 V, de spanning op de niet-inverterende ingang wordt gelijk aan U2, ergens tussen 1/2*Ub en 0 V. Deze spanning wordt U2 genoemd en is natuurlijk kleiner dan de spanning U1. De tot U1 opgeladen condensator C2 gaat zich nu, via de weerstand R6, ontladen. De spanning op de inverterende ingang daalt en

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

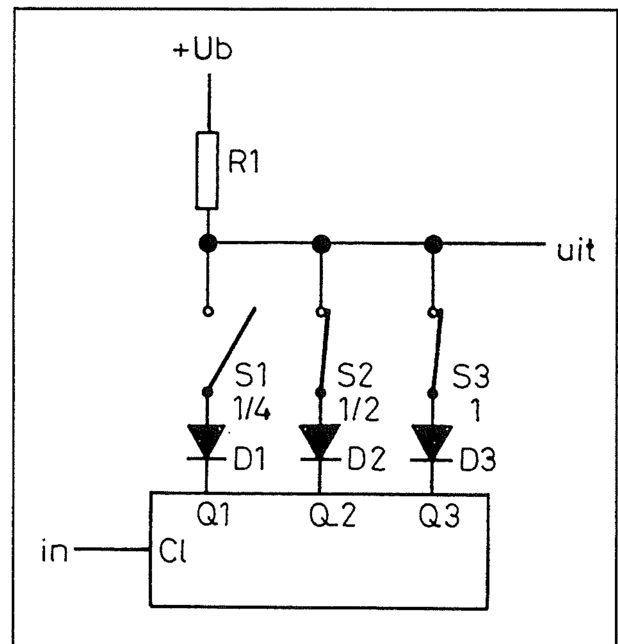
op tijdstip t2 wordt deze spanning gelijk aan U2. De inverterende ingang wordt negatiever dan de niet-inverterende ingang, de uitgang van de op-amp wordt weer gelijk aan de voedingsspanning Ub.



Figuur 4/14.45-4: Grafische verklaring van de werking van de oscillator.

Kortom: de uitgang klapt voortdurend om tussen Ub en 0 V, de frequentie van dit blokvormige signaal wordt bepaald door de op- en ontlaadtijden van de condensator C2, dus door de tijdconstante van de kring C2-R6 of C1-R5. Door voor beide weerstanden nauwkeurige tienslagen instelpotentiometers toe te passen, kan men de twee klokfrequenties uiterst nauwkeurig instellen op de gewenste waarden.

De tijdinstelling
Het principe van de tijdinstelling is getekend in figuur 4/14.45-5. Voor de eenvoud zijn slechts drie delertrappen uit de zevendeler getekend, maar dit doet niets af aan het principe. De drie uitgangen van de flip-flop's gaan via dioden en schakelaars naar een gemeenschappelijk knooppunt, de uitgang van de schakeling. Dit punt is bovendien via een weerstand R1 verbonden met de voedingsspanning. De drie flip-flop's uit de delerketen zijn geschakeld als gewone binaire teller. Dat wil zeggen dat na de eerste ingangspuls de eerste uitgang "H" wordt, na de tweede puls de tweede uitgang, na de derde puls de eerste en tweede uitgang samen en zo verder op de bekende binaire manier. Dit is nog eens toegelicht in de waarheidstabel van figuur 4/14.45-6.



Figuur 4/14.45-5: Het principe van de binaire tijdinstelling met de tuimelschakelaars.

In het getekende voorbeeld zijn S2 en S3 gesloten. Men kan nu onderzoeken wat er op de uitgang verschijnt na iedere nieuwe ingangspuls. Vóór het verschijnen van de eerste puls zijn alle uitgangen "L". De

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

dioden D2 en D3 geleiden (aangesloten tussen de voeding en de lage spanningen op de uitgangen van de flip-flop's) en het gemeenschappelijke knooppunt staat op 0 V, is dus "L".

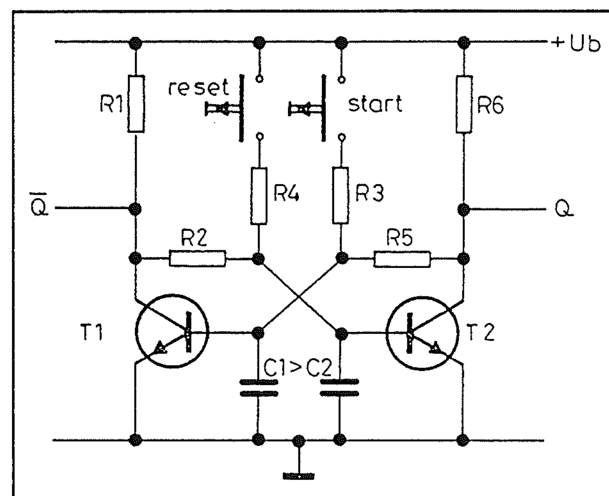
Na de eerste ingangspuls wordt Q1 "H", maar dit heeft geen gevolgen op de spanning op het knooppunt. Na de tweede puls wordt Q2 "H". De diode D2 gaat sperren, maar D3 geleidt nog steeds en de uitgang van de schakeling blijft "L". Eerst na de zesde ingangspuls verandert er iets. Q2 en Q3 worden "H", de dioden D2 en D3 sperren en de uitgang wordt via de weerstand R1 met de voedingsspanning verbonden, hij wordt "H". In het algemeen kan men dus stellen dat de uitgang "H" wordt na een aantal ingangspulsen, dat overeenkomt met de som van de binaire "gewichten" van de gesloten schakelaars. Legt men iedere 15 seconde een ingangspuls aan de schakeling, dan zal de uitgang na zes pulsen, dus na anderhalve minuut, "H" worden, hetgeen overeenkomt met de tijd bepaald door de som "1/2+1", de som van de binaire "gewichten" van de gesloten schakelaars S2 en S3.

IN-PULS	Q1	Q2	Q3	UIT
0	L	L	L	L
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	H	H	L	L
4	L	L	H	L
5	H	L	H	L
6	L	H	H	H

Figuur 4/14.45-6: De waarheidstabel van de teller van figuur 4/14.45-5.

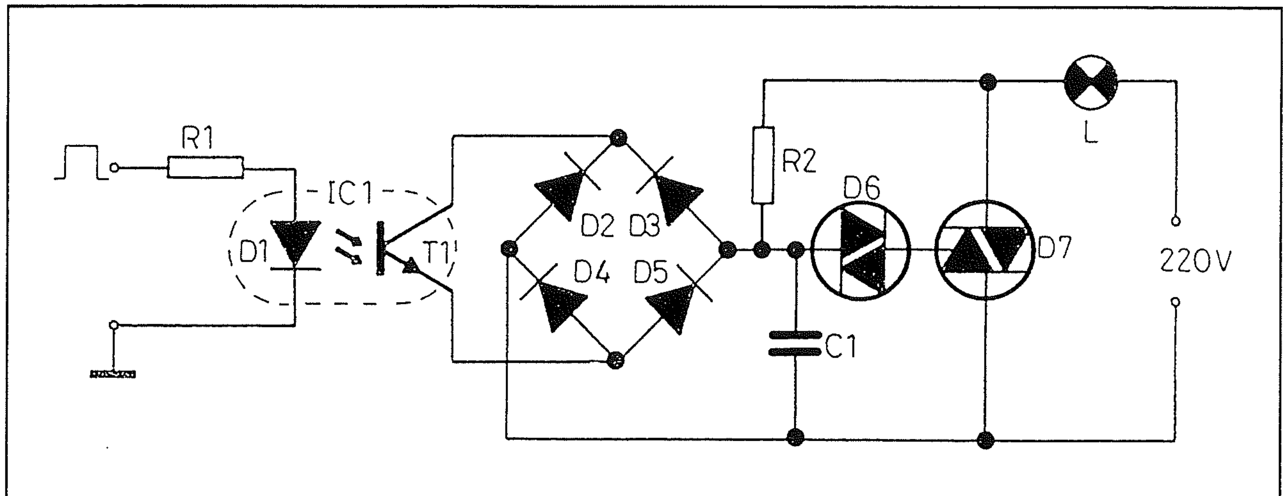
De flip-flop

De flip-flop is voor de afwisseling nu eens niet met een of ander IC opgebouwd, maar op de oude manier met twee transistoren. Er is toch maar één flip-flop in de schakeling noodzakelijk, zodat er bij het gebruik van een IC altijd minstens één flip-flop ongebruikt zou blijven. Bovendien wordt het ontwerpen van de print er een stuk eenvoudiger door! Het schema wordt voorgesteld in figuur 4/14.45-7. De basissen van beide halfgeleiders zijn door middel van condensatoren C1 en C2 verbonden met de massa. Daarbij geldt dat C1 groter is dan C2 en dat is zeer belangrijk! Wat gebeurt er namelijk bij het aanschakelen van de voedingsspanning? De basissen worden via de weerstanden R5+R6 en R1+R2 verbonden met de voeding. De condensatoren gaan opladen. Omdat C2 kleiner is dan C1 zal het eerste onderdeel eerder tot de 0,7 V geleidingsspanning van de transistor opgeladen worden dan C1. Transistor T2 gaat dus geleiden, T1 blijft gesperd. Na het aanschakelen van de voeding wordt Q = "L" en $\overline{Q}$ = "H". Bij het bedienen van de "start"-drukknop wordt T1 via de weerstand R3 in geleiding gestuurd. De schakeling klapt om, de reset's van de tellers worden vrijgegeven en de telcyclus begint.



Figuur 4/14.45-7: Het eenvoudige schema van de SET-RESET flip-flop.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



Figuur 4/14.45-8: De schakeling van het elektronische relais.

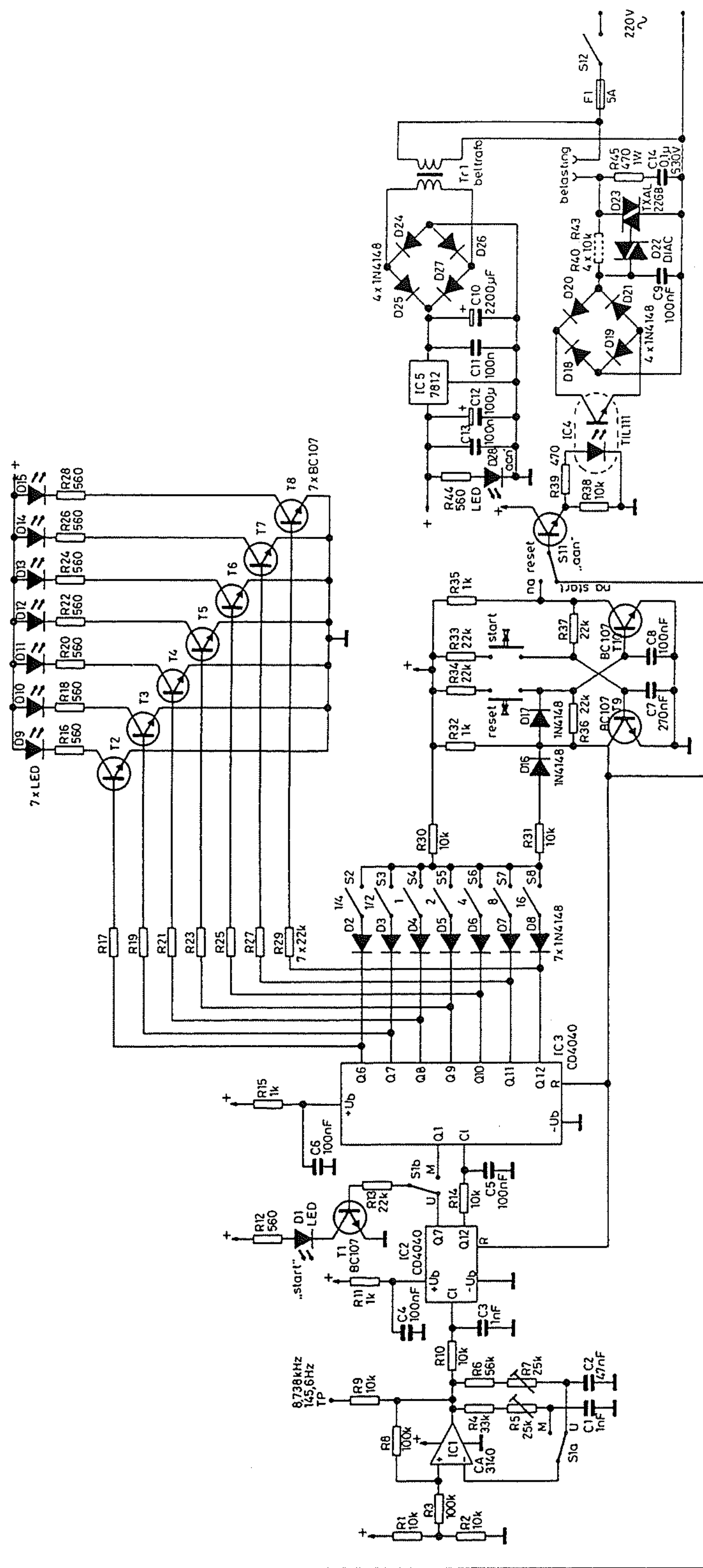
Het elektronische relais

Het elektronische relais van figuur 4/14.45-8 is opgebouwd uit een optische koppelaar IC1, een triac D7 en een schakeling die de triac al dan niet in geleiding stuurt. Stel dat de stuurspanning van de schakeling "L" is. De lichtgevende diode D1 in de optische koppelaar is gedoofd, de foto-transistor T1 geleidt niet. De condensator C1 wordt via de weerstand R2 opgeladen uit de netspanning. Als de spanning over C1 gelijk wordt aan ongeveer +/- 30 V zal de diac D6 doorslaan. De condensator wordt nu via de geleidende diac en de gate van de triac ontladen. Deze gatestroom ontsteekt de triac, de belasting L wordt met de netspanning verbonden. De spanning over C1 wordt door de bruggelijkrichter D2 tot en met D5 omgezet in een positieve spanning (ook als tijdens de negatieve helft van de netspanning de condensator zich negatief oplaadt!).
Transistor T1 spert echter, er gebeurt verder niets. Anders wordt het, als men een positieve spanning "H" aanlegt aan de ingang van de optische koppelaar. De lichtgevende diode gaat geleiden, straalt licht uit en daardoor gaat de foto-transistor T1 geleiden. De spanning over C1 kan nu afvloeien via de brugdioden en de geleidende transistor. De spanning over de condensator zal dus nooit groter kunnen worden dan ongeveer 1,5 V en dat is bij lange na niet voldoende voor het laten ontsteken van de diac en de triac. Het relais is open.
Dus: positieve spanning op de ingang komt overeen met open relais, géén spanning op de ingang staat voor gesloten relais.

Het volledig schema

In figuur 4/14.45-9 is het volledig praktisch schema van de universele digitale tijdklok getekend. Men herkent zonder meer de reeds besproken deelschakelingen.
Enige aanvullende informatie. De uitgang van de oscillator gaat via weerstand R9 naar een testpunt "TP". Wie de gelukkige eigenaar is van een digitale frequentiemeter kan deze meter op dit punt aansluiten en de twee frequenties zeer precies afregelen door middel van de instelpotmeters R5 en R7. De eerste delerketen is opgebouwd uit de 12 trappen van IC2 en de vijf eerste trappen van IC3.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



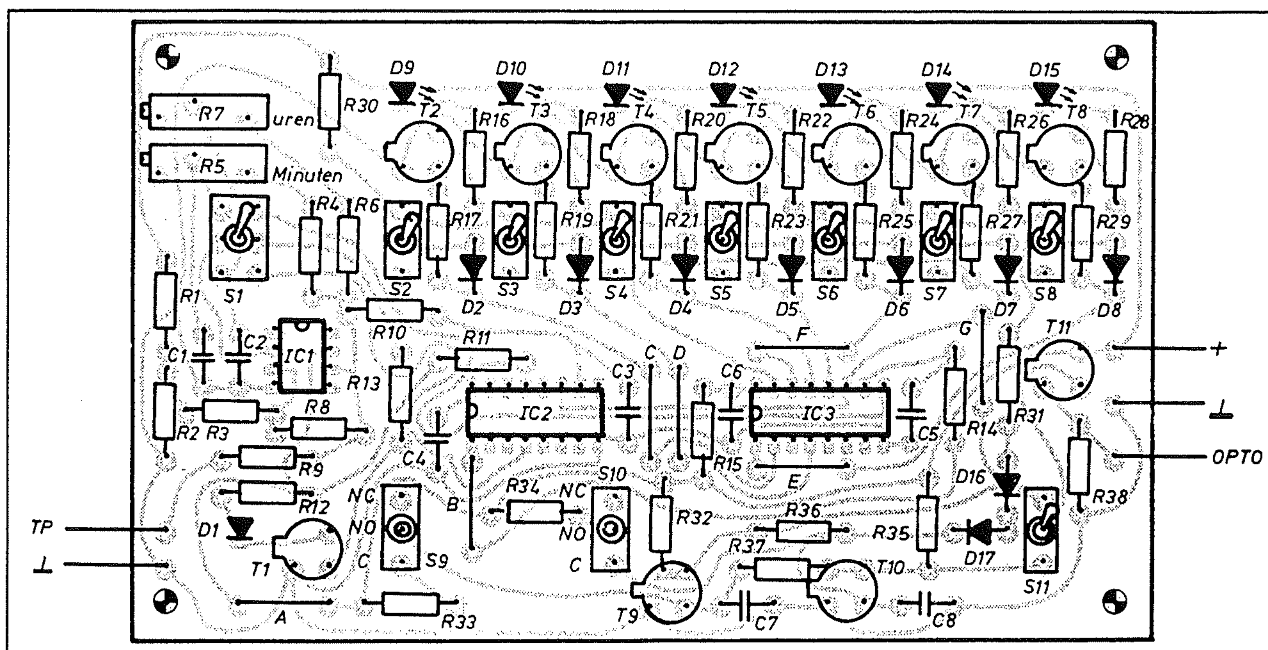
Figuur 4/14.45-9: Het volledig schema van de digitale tijdklok.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5%			
R1,R2,R9,R10,R14,R30,R31,R38,R40,R41,R42,R43	10 kΩ		
R3,R8	100 kΩ		
R4	33 kΩ		
R6	56 kΩ		
R11,R15,R32,R35	1 kΩ		
R12,R16,R18,R20,R22,R24,R26,R28,R44	560 Ω		
R13,R17,R19,R21,R23,R25,R27,R29,R33,R34,R36,R37	22 kΩ		
R39	470 Ω		
WEERSTAND, 5 %, 1 W			
R45	470 Ω		
TIENTOEREN INSTELPOTENTIOMETERS			
R5,R7	25 kΩ		
CONDENSATOREN			
C1,C3	1	nF	MKH
C2	47	nF	MKH
C4,C5,C6,C8,C9,C11,C13	100	nF	MKH
C7	270	nF	MKH
C10	2.200	µF	25 V printelco
C12	100	µF	16 V printelco
C14	100	nF	630 V polyester
HALFGELEIDERS			
D1,D28	LED 5 mm rood		
D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D16,D17,D18,D19,D20,D21,D24,D25,D26,D27	1N4148		
D9,D10,D11,D12,D13,D14,D15	LED 5 mm groen		
D22	diac		
D23	triac 6 A		
T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11	BC107		
IC1	CA3140		
IC2,IC3	CD4040		
IC4	TIL111		
IC5	7812		
DIVERSEN			
S1	tuimelschakelaar 2xOM		
S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S11	tuimelschakelaar 1xOM		
S9,S10	drukschakelaar 1xMAAK		
S12	netschakelaar 1xMAAK		
1	IC-voetje 8-pens		
2	IC-voetje 16-pens		
1	printzekeringhouder + zekering 5 A snel		
1	trafo, 8 V, 1 A		
1	koelplaatje SK09		
1	koelplaatje KS12		
1	wandcontactdoos inbouw		
8	kunststof afstandsbusje 10 mm		
9	LED-houders paneelmontage		

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



Figuur 4/14.45-11: De componentenopstelling van de eerste print.

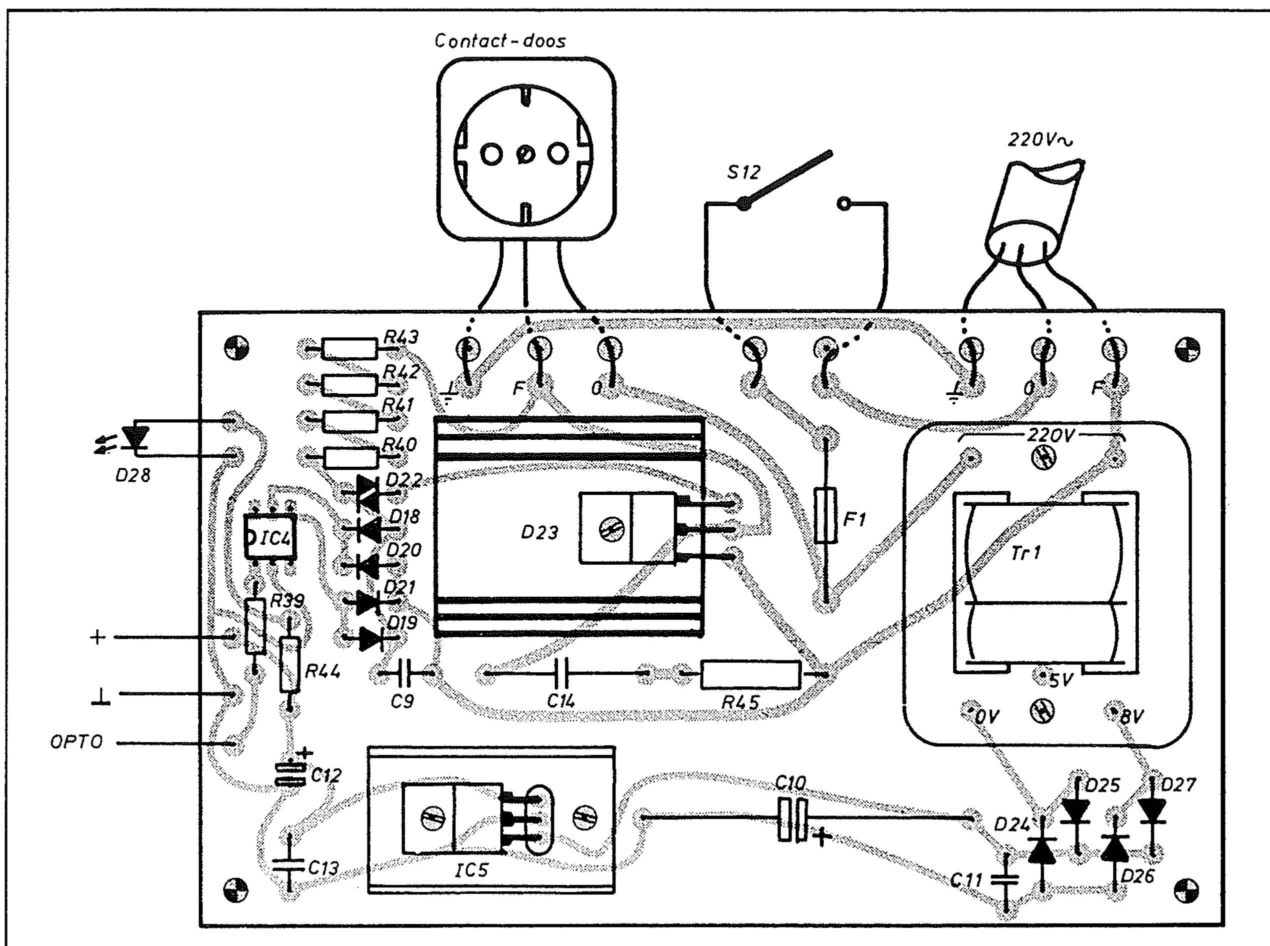
De knipperende indicatie-LED D1 wordt gestuurd uit respectievelijk trap 7 (uren) en trap 13 (minuten). Tussen de uit- en ingangen van de IC's zijn RC-netwerkjes opgenomen. Hetzelfde geldt trouwens voor de voedingsaansluitingen van IC2 en IC3. Deze netwerkjes zorgen voor ontstoring. Hoewel de gebruikte C-MOS IC's tamelijk ongevoelig zijn voor snelle stoorpulsen, die via de voeding binnenkomen, leek het toch een goed idee (zeker als men bedenkt dat de langste tijd meer dan 24 uur bedraagt) de storingsongevoeligheid te vergroten door het aanbrengen van deze RC-laagdoorlaat filtertjes. Het blokje "tijdindicatie" uit het blokschema wordt ingevuld door zeven transistoren met bijbehorende weerstanden, die de informatie op de zeven uitgangen van de tweede delerketen omzetten in wel of niet brandende LED's D9 tot en met D15.

Transistor T11 is als buffer opgenomen tussen de uitgangen van de flip-flop en de stuuringang van het relais. De grote stroom voor het laten oplichten van de diode in de optische koppelaar kan namelijk niet rechtstreeks door de flip-flop schakeling worden geleverd. Over de triac is een RC-combinatie R45-C14 geschakeld. Dit heeft niets te maken met ontstoring, zoals vaak wordt gedacht. Deze kring dempt te snelle stroomveranderingen door de triac, die het onderdeel per ongeluk op ongewenste momenten in geleiding zouden kunnen sturen. De voeding is klassiek van opbouw: een gewone 8 V beltrafo, brug en 12 V stabilisator.

De bouw van de schakeling

De volledige elektronica van de universele schakelklok is ondergebracht op twee even grote printen. De eerste bevat de eigenlijke tijdschakeling met alle bedieningselementen, de tweede de voeding en het elektronisch relais. De lay-out van de twee printen is voorgesteld op de transparante pagina als figuur 4/14.45-10. De componentenopstellingen en de externe bedrading zijn getekend in figuur 4/14.45-11 en figuur 4/14.45-12.

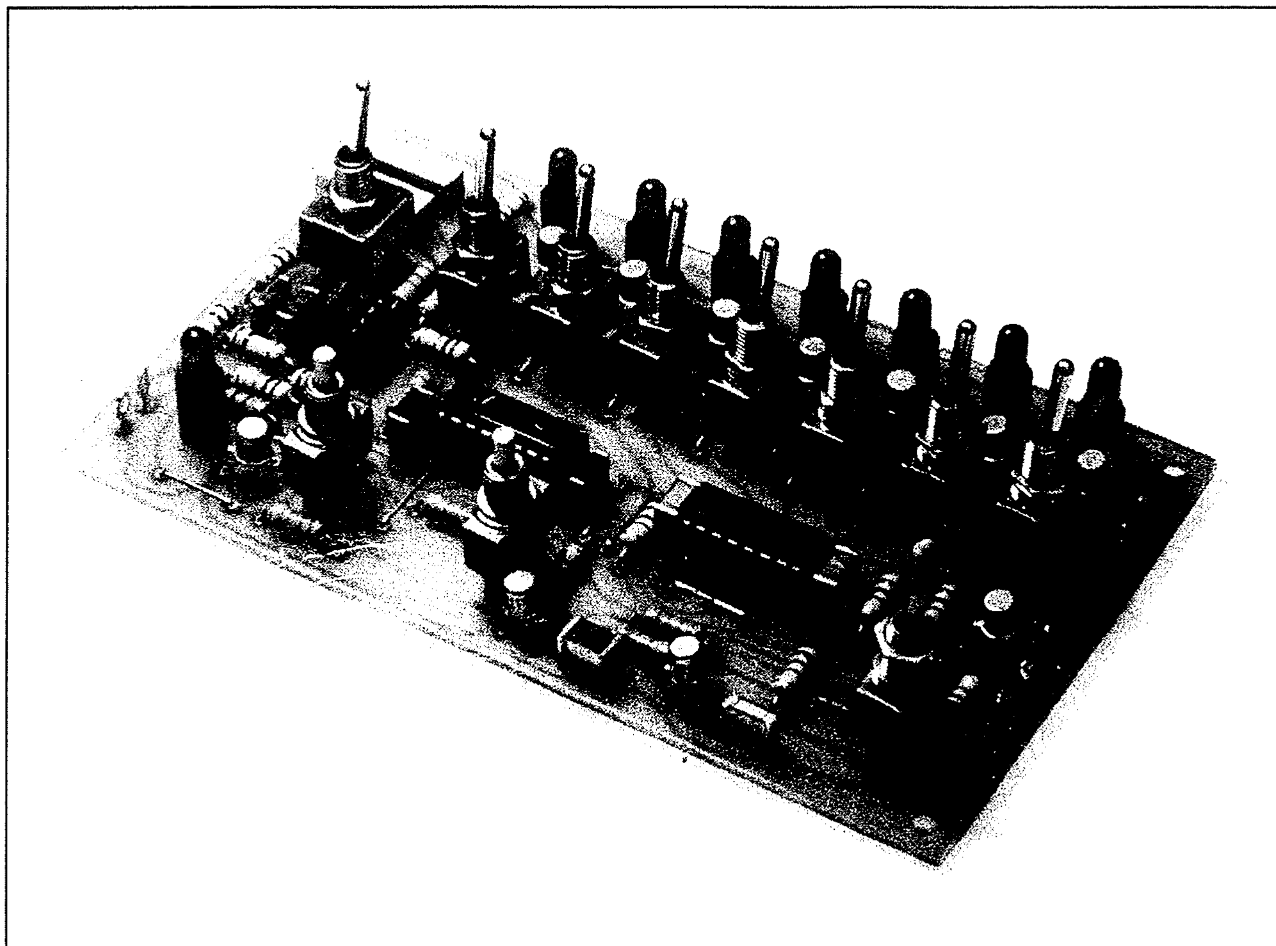
14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



Figuur 4/14.45-12: De componentenopstelling en de externe bedrading van de tweede print.

De bouw is recht toe, recht aan. Slechts drie opmerkingen. De twee instelpotentiometers R5 en R7 zijn professionele 10-slagen trimmers, die door verschillende fabrikanten in de handel worden gebracht.
Alle schakelaars kunnen rechtstreeks op de print worden gesoldeerd door eerst aan alle aansluitlipjes kleine draadjes te solderen (bijvoorbeeld de restanten van de weerstandsdraadjes), nadien de schakelaars met draadjes door de printgaatjes te duwen en vast te solderen. Voor de twee druktoetsen "START" en "RESET" zijn in het proto-type drukschakelaars van het type 8125 van C&K gebruikt. Dit zijn omschakelaars, hebben dus drie kontakten die niet verwisseld mogen worden. Let dus op de stand van de C, NO- en NC-aansluitingen. Deze schakelaars zijn duur, maar de bekende en veel goedkopere Japanse druktoetsjes zijn niet zo denderend van kwaliteit. De LED's worden eveneens rechtstreeks op de print gesoldeerd. Dat gaat erg mooi als men eerst de LED's in 10 mm lange plastic afstandsbusjes monteert en deze combinatie in de printgaatjes duwt. Het eindresultaat van de montage van de tijdprint is voorgesteld in figuur 4/14.45-13.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



Figuur 4/14.45-13: De volledig gemonteerde basisprint.

Zoals uit figuur 4/14.45-12 blijkt, wordt ook de beltrafo rechtstreeks op de print gemonteerd. Demonteer daarom de trafo uit het kunststof huisje en gebruik de lange boutjes om de trafo op de print te monteren. Weerstand R45 moet een 1 W exemplaar zijn, voor C14 moet een type met een werkspanning van 630 V worden gebruikt, zoals EVOX type MMK. Voor de triac kan men ieder 6 A - 400 V model gebruiken. Zowel de triac als de spanningsstabilisator worden op koelplaatjes gemonteerd. Voor de triac komt type SK09 van Fischer in aanmerking, de stabilisator hoeft niet zo grondig te worden gekoeld en neemt genoegen met een model KS13. Er zijn diverse typen diac's in de handel, de eigenschappen zijn ongeveer identiek en bijgevolg kan ieder type met succes worden toegepast. Op de print bevinden zich twee aansluitpunten voor het doorverbinden van de aarding van de contactdoos met de aarding van de netkabel. Op de koperen baan, die beide aansluitpunten met elkaar verbindt, wordt een dikke massieve koperdraad eerst in de juiste vorm gebogen en nadien over de totale lengte vast gesoldeerd. Vergeet dit niet! De dunne koperbaan is absoluut onbetrouwbaar als doorverbinding van de massa en zelfs zeer onveilig! In principe kan men natuurlijk de massa-ader van het netsnoer rechtstreeks verbinden met de aarding van het stopcontact.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

Nadat men beide printen grondig heeft gecontroleerd, kunnen deze rug tegen rug op een plaatje aluminium worden bevestigd. Nadien worden de drie aansluitpunten "OPTO", "+" en "massa" op beide printen met elkaar verbonden.

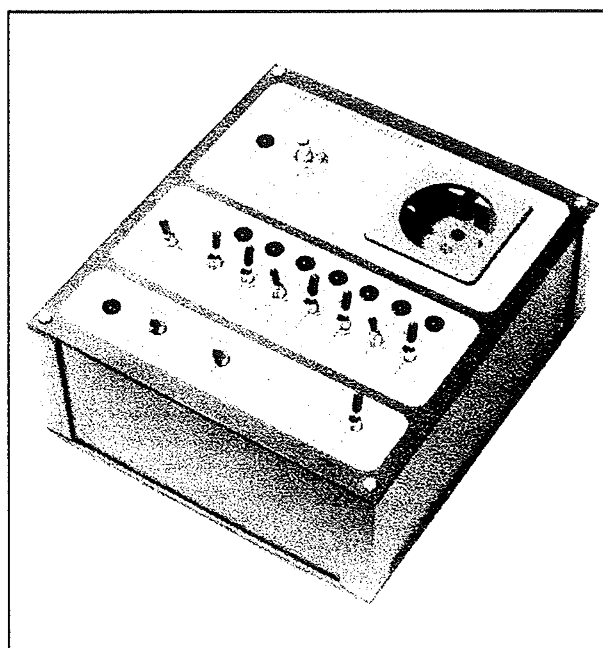
Het afregelen

Een zeer belangrijke opmerking vooraf: het grootste gedeelte van de componenten op de tweede print is rechtstreeks met de netspanning verbonden, ook de koelplaat van de triac. Wees dus zeer voorzichtig bij het afregelen!

Sluit provisorisch de twee aansluitpunten van de netschakelaar S12 kort en sluit een netkabel aan op de tweede print. Verbindt, ook alweer provisorisch, een gloeilamp met de "F"- en "O"-aansluitingen. Meet de spanning tussen de punten "+" en "massa". Deze moet 12 V bedragen.
Als men over een digitale frequentiemeter beschikt, is het afregelen van de schakeling zeer eenvoudig. Sluit de meter aan tussen de "TP"- en "massa"-punten op de eerste print en regel R7 en R5 af op respectievelijk 145,6 Hz en 8,738 kHz. Dat is alles!
Heeft men géén digitale frequentiemeter, dan wordt de afregeling een tijdrovende zaak. Zet de klok op een minuut en schakel de klok in op het moment dat de secondewijzer van een klok precies op de nul staat. Noteer wanneer de schakelklok uitschakelt. Is dat na minder dan een minuut, dan moet R5 vergroot worden. Herhaal nu de procedure zo vaak tot de schakelklok precies een minuut inschakelt. Voor het uren-bereik moet men de procedure herhalen op het 15 minuten-bereik.

De eindmontage

Het proto-type van de schakelklok is ondergebracht in een aluminium kastje, samengesteld uit een frontplaatje volgens figuur 4/14.45-14, vier stukjes hoekprofiel van 6 cm lang, twee aluminium zijplaatjes van 6 bij 14,4 cm, twee aluminium zijplaatjes van 6 bij 16,1 cm en een aluminium bodemplaat van 17,9 bij 16,2 cm.

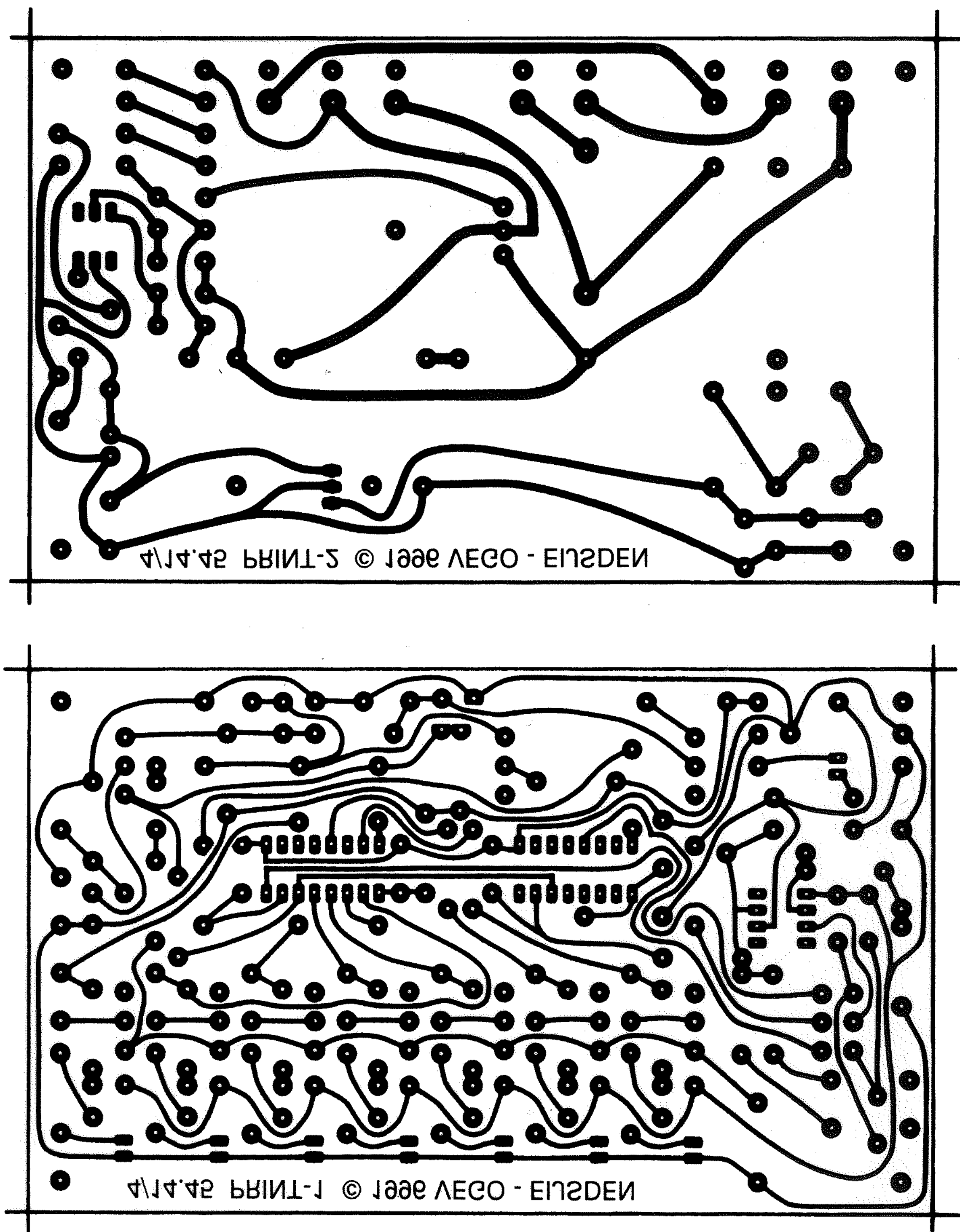


Figuur 4/14.45-15: Het proto-type van de universele digitale schakelklok, ondergebracht in een zelfbouw aluminium kastje.

Bij het proto-type is de wandcontactdoos verzonken in de frontplaat. Een "Kupp" wandcontactdoos, te koop bij V&D, past precies in het op het frontplaatje getekende vierkante gat.
Na deze bewerkelijke klus ontstaat het attractieve geheel dat in figuur 4/14.45-15 is voorgesteld. Men zou nadien het apparaatje bijvoorbeeld met twee beugels tegen de wand van de hobby-kamer kunnen bevestigen.

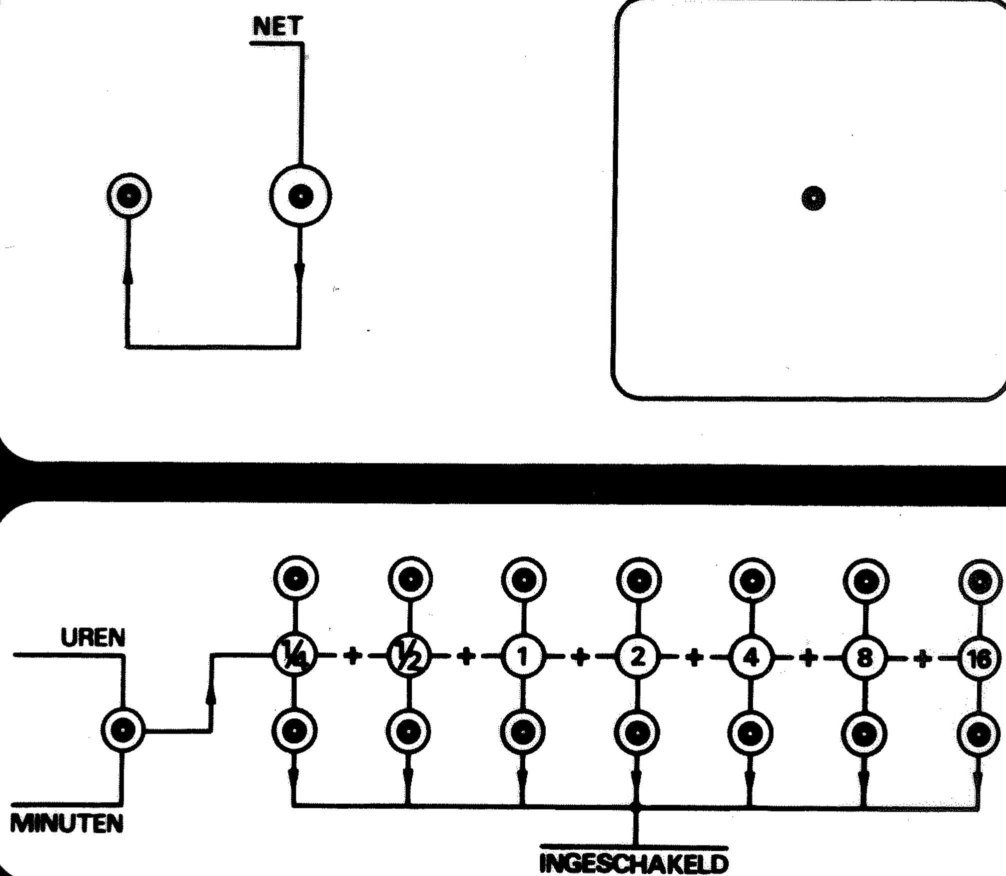
14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting

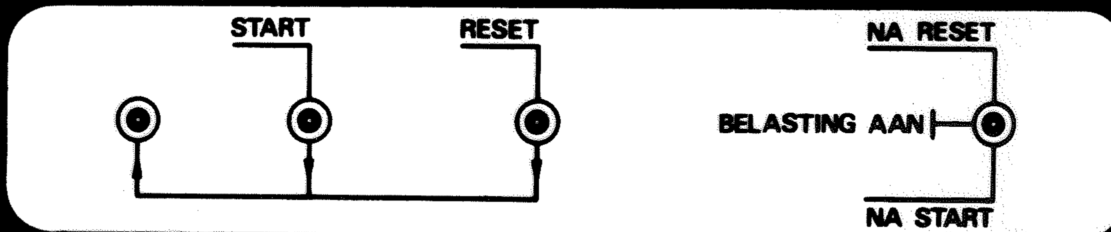
14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting



Figuur 4/14.45-10: De twee printen voor de schakeling.

14.45 Universele digitale schakelklok met groot bereik en netbelasting





Figuur 4/14.45-14: Ontwerp voor het frontplaatje.

4/14.46

"Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

Inleiding

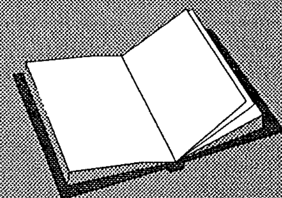
Tegenwoordig zijn heel veel apparaten voorzien van een stand-by stand. Een TV is hier een typisch voorbeeld van. Is het apparaat niet in gebruik, dan zijn bepaalde schakelingen toch actief, zodat men met de afstandsbediening onmiddellijk een zender kan inschakelen, zonder dat men eerst de netschakelaar van het apparaat moet bedienen. Dat is natuurlijk heel handig, maar wat maar al te gemakkelijk vergeten wordt is dat een TV in de stand-by modus toch een tiental watt vermogen verbruikt. Op jaarbasis levert dat een verbruik op van ongeveer 87,6 kW!

Met het in dit hoofdstuk beschreven apparaatje is het uit met dit vermogensverlies. De schakeling wordt opgenomen tussen de wandcontactdoos en de netsteker van de TV. Een infrarood gevoelige detector reageert op het uitzenden van een code door de afstandsbediening van de TV. Het apparaat schakelt op dat moment de TV in, die onmiddellijk reageert op de door de afstandsbediening uitgezonden code. Drukt men bijvoorbeeld op toets 1 voor Nederland 1, dan zal in eerste instantie deze code het beschreven apparaat opdracht geven de TV met het net te verbinden. In tweede instantie zal de nu actieve elektronica van de TV de eerstvolgende code van de afstandsbediening herkennen (zolang een toets gedrukt wordt zendt de afstandsbediening immers steeds hetzelfde woord uit) en de tuner instellen op kanaal 1. Een tweede functie van de schakeling is dat deze het door de TV opgenomen vermogen meet. Valt dit onder een bepaalde waarde, hetgeen gebeurt als men de "stand-by"-toets van de afstandsbediening indrukt, dan zal de schakeling de terugval in opgenomen vermogen detecteren en de TV loskoppelen van het net. Voor de gebruiker verandert er dus niets in bedieningscomfort. Hij of zij merkt niet eens dat de TV niet meer in stand-by staat en dat het beschreven apparaatje in de netleiding is opgenomen. Het enige dat er verandert is dat er op jaarbasis een toch niet te verwaarlozen hoeveelheid elektrische energie wordt bespaard!

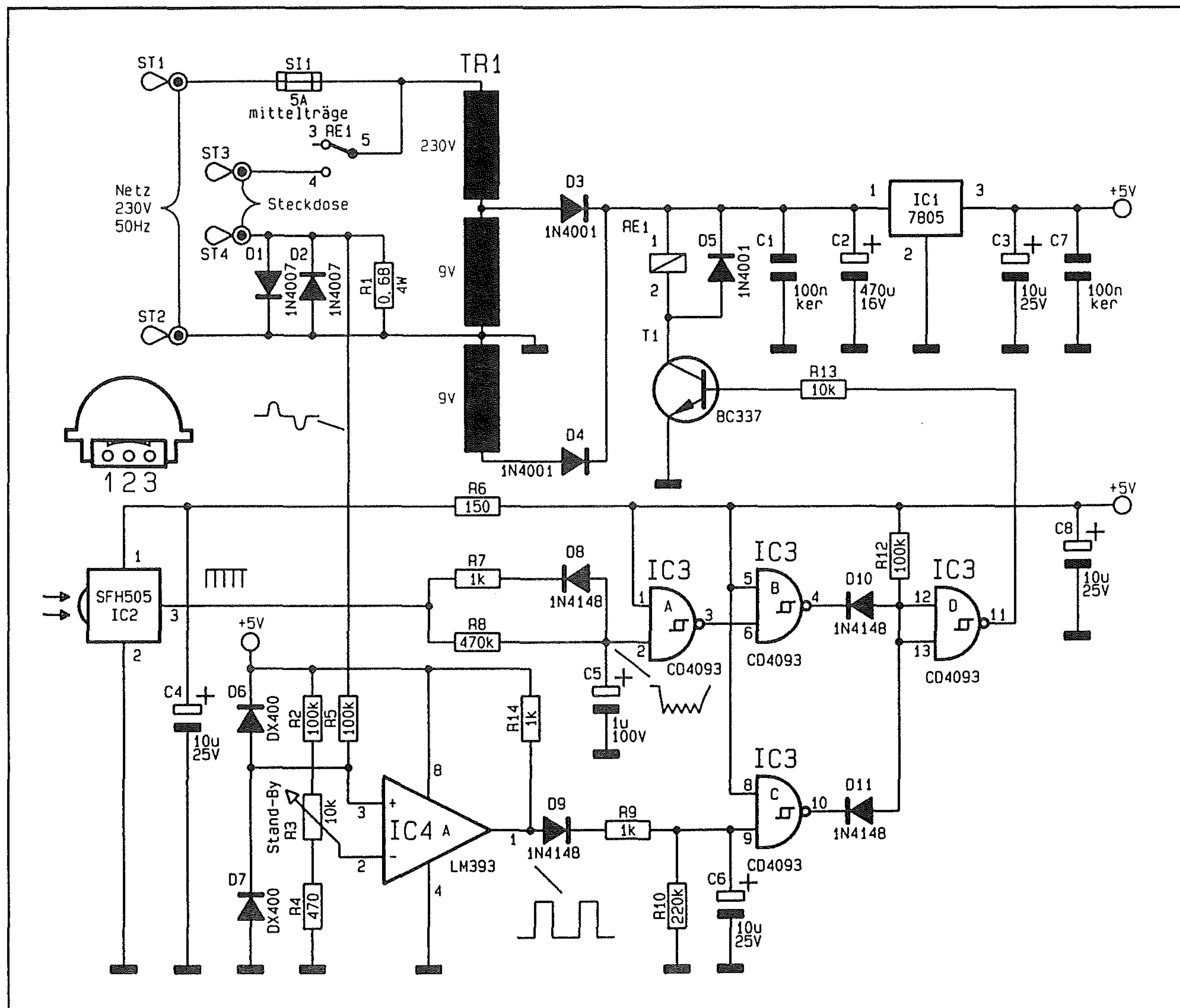
Het schema

Het schema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.46-1. De 230 V netspanning wordt aangesloten tussen de klemmen ST1 en ST2.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.27
Hoofdstuk 4/14.29
Hoofdstuk 4/14.39
Hoofdstuk 6/7.7



14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur



Figuur 4/14.46-1: Het volledig schema van de schakeling.

Via de zekering SI1 gaat de netspanning enerzijds naar de trafo TR1 en anderzijds naar het relaiscontact RE1. Via dit contact wordt de netspanning met de TV verbonden, via de aansluitingen ST3 en ST4. De netstroom die door de TV wordt opgenomen vloeit door de dioden D1 en D2 en door de weerstand R1. Dit systeem meet, zoals later zal blijken, het vermogen dat door de TV wordt opgenomen.

De wikkelingen van de trafo zijn op een nogal ongebruikelijke manier geschakeld. De onderste aansluiting van de primaire 230 V wikkeling ligt via een van de secundaire 9 V wikkelingen aan de massa van de schakeling. Hoewel dit als nadeel heeft dat de volledige elektronica rechtstreeks met het net verbonden is en dus aanraakgevaarlijk is, heeft deze schakeltechniek een heleboel voordelen. Op de eerste plaats kan men de spanning die over de dioden D1 en D2 en de weerstand R1 valt rechtstreeks ten opzichte van de massa aftakken en verder verwerken. Op de tweede plaats zal het primair opgenomen vermogen iets dalen, omdat het

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

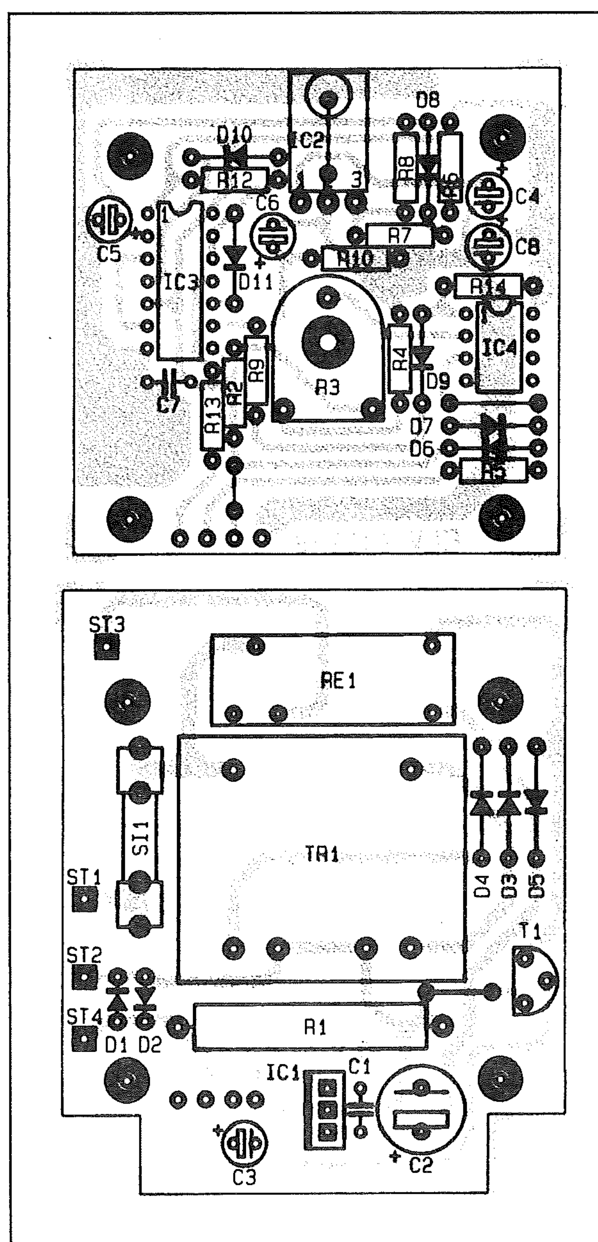
net nu over de serieschakeling van de 230 V en de 9 V wikkeling is aangesloten. De voeding voor de schakeling wordt betrokken van de twee 9 V wikkelingen. De spanningen over deze wikkelingen worden gelijkgericht met de dioden D3 en D4, afgevlakt met de condensator C2 en nadien met behulp van IC1 op 5 V gestabiliseerd. Het schakelrelais RE1 wordt niet uit de gestabiliseerde spanning gevoed en is dus vóór de stabilisator op de voeding aangesloten.
De infrarood detector is opgebouwd uit een speciale sensor SFH505. Deze sensor is voorzien van een lensje, waardoor de gevoeligheid extreem hoog is. Daarnaast bevat dit onderdeel een geïntegreerde voorversterker met TTL-uitgang onder de vorm van een open-collector uitgangstrap met geïntegreerde pull-up weerstand van 50 kΩ. Als de sensor niet belicht wordt is zijn uitgang "H". Deze hoge uitgang zal de condensator C5 via de weerstand R8 opladen. De tijdconstante van deze lading bedraagt ongeveer 0,5 seconde. Als de sensor getroffen wordt door het infrarood licht van de afstandsbediening van de TV, gaat de uitgang naar "L". De condensator C5 wordt dan snel ontladen via de diode D8 en de kleine weerstand R7. De tijdconstante van deze ontlaadkring bedraagt ongeveer 1 ms. De afstand tussen de infrarood-signalen van de afstandsbediening is zo klein, dat de condensator C5 niet opnieuw opgeladen kan worden. Het gevolg is dat op de uitgang van de poort IC3A een "H" ontstaat.
Dit signaal wordt door de volgende poort geïnverteerd, zodat pen 4 van IC3 naar "L" gaat. Deze "L" wordt vervolgens weer geïnverteerd door IC3D, zodat pen 11 naar "H" gaat. Dit hoge signaal stuurt via de weerstand R13 transistor T1 in geleiding. Het relais RE1 wordt bekrachtigd en de TV wordt via het relaiscontact met het net verbonden.
De netstroom die nu door de ingeschakelde TV wordt opgenomen wekt over de weerstand R1 een spanningsval op. De twee anti-parallel geschakelde dioden D1 en D2 zorgen ervoor dat, hoe groot de netstroom ook is, over de weerstand een maximale wisselspanning van ongeveer 1 V ontstaat. Deze spanning wordt in de comparator IC4 vergeleken met een drempelspanning, die instelbaar is met de instelpotentiometer R3. Het gevolg is dat op de uitgang van de comparator een blokvormige spanning ontstaat. Deze positieve pulsen zullen via de diode D9 en de weerstand R9 de condensator C6 opladen. De weerstand R9 zorgt ervoor dat korte stoorpulsen de condensator niet kunnen opladen en de weerstand R1 zorgt voor een gedefinieerd ontlaadpad voor de condensator. Het gevolg van een en ander is dat alleen als de sensor IC2 infrarode signalen van de afstandsbediening ontvangt en de TV dus inschakelt, de condensator C6 maximaal wordt opgeladen. De uitgang van poort IC3C gaat naar "L". De diode D11 gaat geleiden en trekt de ingangen van poort IC3D ook naar "L". Het gevolg is dat de uitgang van deze poort "H" blijft, ook nadat het infrarode signaal van de afstandsbediening is weggevallen en de uitgang van de sensor weer "H" wordt. Het relais blijft dus bekrachtigd als gevolg van het vloeien van netstroom door de weerstand R1.
Op deze manier wordt de TV dus ingeschakeld als men op een toets van de afstandsbediening drukt. Hoe kan men de TV nu echter uitschakelen? Heel eenvoudig. Als men op de "stand-by"-toets van de afstandsbediening drukt zal de sensor deze infrarood-code opvangen en op de reeds beschreven manier de uitgang van

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

poort IC3A naar "H" sturen. De TV vangt deze code echter ook op en zal zichzelf naar stand-by schakelen. Het stroomverbruik van de TV daalt dramatisch, met als gevolg dat er over de weerstand R1 nauwelijks nog spanning valt. De comparator IC4 levert geen uitgangsspanning meer en de condensator C6 wordt ontladen. De uitgang van poort IC3C gaat naar "H" en op het moment dat de code van de afstandsbediening wegvalt gaat de uitgang van poort IC3D naar "L". Transistor T1 wordt in sper gestuurd en het relais valt af. De TV wordt van het net gescheiden.
Conclusie: de schakeling neemt de standby functie van de TV volledig over. De TV kan nog steeds comfortabel ingeschakeld worden door op een kanaaltoets van de afstandsbediening te drukken. Het grote voordeel is dat het toch vrij hoge vermogensverbruik van de stand-by stand van de TV wegvalt en vervangen wordt door het veel lagere vermogensverbruik van dit apparaatje, namelijk ongeveer 0,5 W.

De bouw van de schakeling
De volledige elektronica is ondergebracht op twee kleine printjes, die in figuur 4/14.46-2 op de transparante pagina zijn getekend. De bedoeling is dat het geheel wordt ingebouwd in een groot model netstekerbehuizing. De twee printjes worden in etagebouw boven elkaar in het onderste deel van dit kastje gemonteerd. Het enige onderdeel dat uit het kastje steekt is de infrarood sensor IC2.
De componentenopstellingen van beide printen zijn getekend in figuur 4/14.46-3. De stroomsensorweerstand R1 kan behoorlijk warm worden en mag dus niet op het lichaam van de print rusten. Er moet een koelafstand van 1 á 2 cm tussen de onderkant van de weerstand en de print in acht worden genomen.

De drie aansluitpunten van de infrarood sensor IC2 worden voorzien van soldeerlipjes, evenals de vier gaatjes links onder op de kleine print. Op de grotere print worden de aansluitpunten ST1 tot en met ST4 en de vier gaatjes boven C3 eveneens van soldeerlipjes voorzien.



Figuur 4/14.46-3: De componentenopstellingen van de twee printen.

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R2,R5,R12	100 kΩ
R4	470 Ω
R6	150 Ω
R7,R9,R14	1 kΩ
R8	470 kΩ
R10	220 kΩ
R13	10 kΩ

WEERSTAND, 4 W DRAADGEWONDEN

R1	0,68 Ω

INSTELPOTENTIOMETER, PT15, LIGGEND

R3	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C7	100 nF	ceramisch
C2	470 µF	16 V printelco
C3,C4,C6,C8	10 µF	25 V printelco
C5	1 µF	100 V printelco

HALFGELEIDERS

D1,D2	1N4007
D3,D4,D5	1N4001
D6,D7	DX400
D8,D9,D10,D11	1N4148
T1	BC337
IC1	7805
IC2	SFH505
IC3	CD4093
IC4	LM393

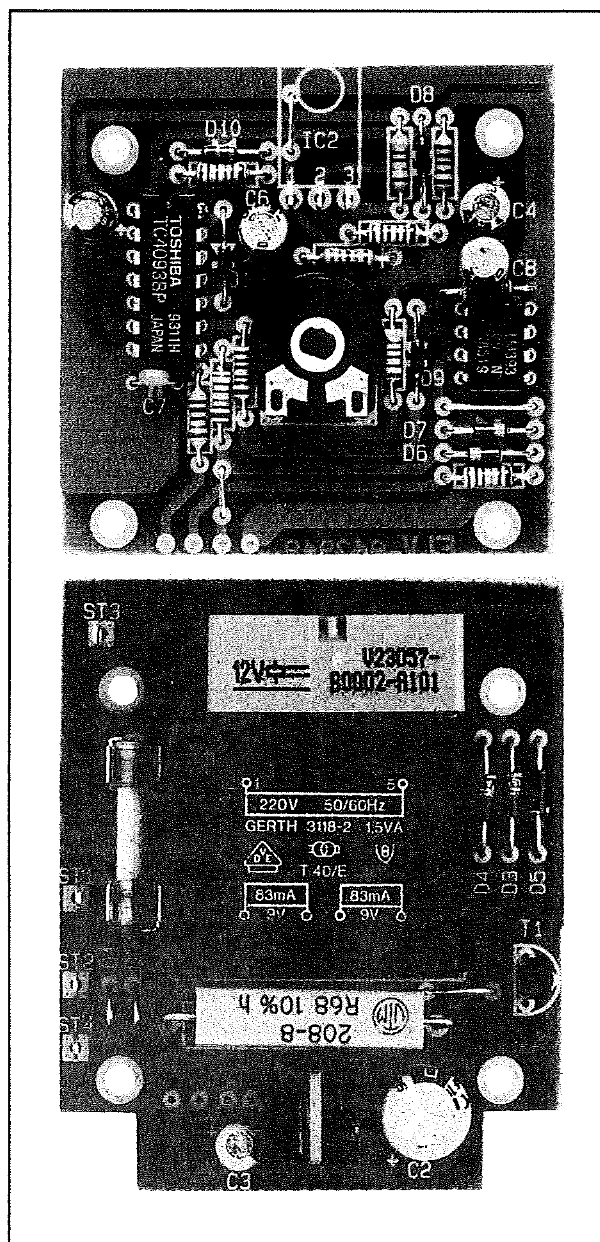
DIVERSEN

1	printzekeringhouder
1	zekering 5 A
1	printrelais, 12 V, 330 Ω, 1xOM
1	printtrafo, 2 x 9 V, 2 x 83 mA
15	printsoldeerlipje
4	boutje, M3x45
4	afstandsbus, 35 mm
4	moeren, M3
1	netstekerbehulzing, groot

De kleine print kan nu op de grotere print bevestigd worden met behulp van de vier bouten en de afstandsbussen.
Nadien verbindt men met vier kleine draadjes de naast elkaar liggende soldeerpennen op de kleine print met deze op de grote print. De schakeling is nu in feite klaar en de sandwich kan in het kastje ingebouwd worden. Hoe dat moet is natuurlijk afhankelijk van de interne con-

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

structie van het kastje. Misschien is het mogelijk de in de onderdelenlijst aangegeven bouten van M3x45 te vervangen door M3x60 en de printencombinatie via de uitstekende schroefeinden op de boden van het kastje vast te schroeven.
De soldeerlipjes ST1 en ST2 worden met 0,75 mm^2 dikke draadjes verbonden met de pennen van de ingebouwde netsteker. De soldeerlipjes ST3 en ST4 gaan met identieke draadjes naar de aansluitpunten van de in de behuizing ingebouwde contactdoos. Tot slot moet in de deksel van het kastje een gaatje geboord worden waarin de lens van de sensor precies past. De pootjes van dit IC worden tot 4 mm ingekort en er worden drie 10 cm lange soepele draadjes aan gesoldeerd. Nadien wordt de sensor met tien seconde lijm aan de binnenkant van de behuizing vast gelijmd. De drie draadjes worden verbonden met de drie vrije soldeerlipjes op de kleine print.
De foto's van figuur 4/14.46-4 geven een impressie van het proto-type. Hierbij valt op dat het koperpatroon onder de sensor iets anders verloopt dan in de printtekening van figuur 4/14.46-2. Bij het prototype werd een andere sensor gebruikt, het printontwerp werd in een later stadium aangepast aan de SFH505.



Figuur 4/7.33-4: De proto-typen van de twee printen.

Afregelen

De loper van de instelpotentiometer R3 wordt in eerste instantie in de middenstand gezet. Het apparaatje wordt verbonden met het net en de TV wordt er op aangesloten. Men drukt nu op een van de kanaal-toetsen van de afstandsbediening. Als alles goed gaat, hoort men het relais aanslaan en moet de TV inschakelen. Als men de toets van de afstandsbediening los laat moet de spanningsval over R1 de schakeling in bedrijf houden.

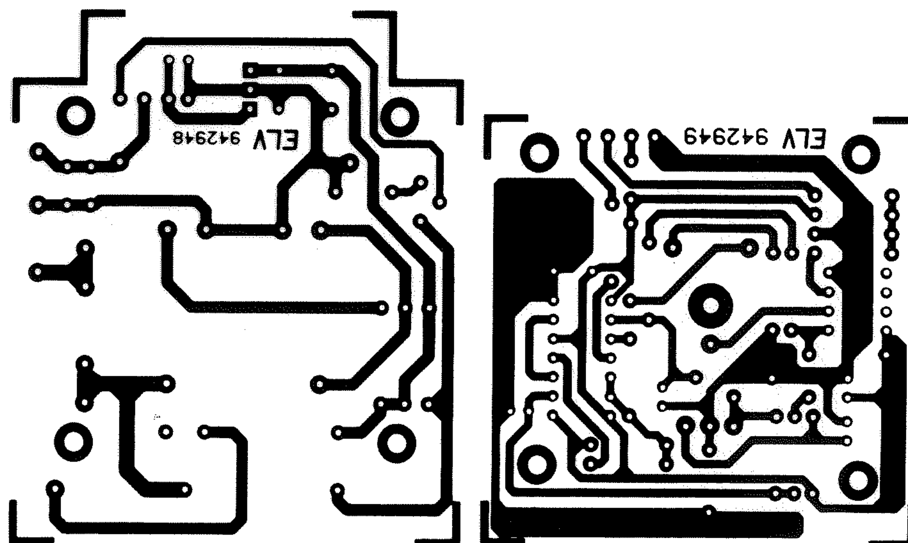
Valt het relais af, dan is de drempelspanning van de comparator niet goed ingesteld en moet men de loper van de instelpotentiometer verdraaien. Na een paar pogingen zal de comparator de functie van de infrarood sensor overnemen en de schakeling in werking houden.

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze ELV-schakeling kan nog vermeld worden dat deze "Auto Power Off"-schakeling in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de twee printen en een passend netstekerkastje met ***voorbedrukt frontplaatje,*** wordt verzorgd door de firma DIL, telefoon 010-485.42.13. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 15686. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur

14.46 "Auto Power Off"-schakeling voor stand-by apparatuur



Figuur 4/14.46-2: De twee printen voor de schakeling.

4/14.47

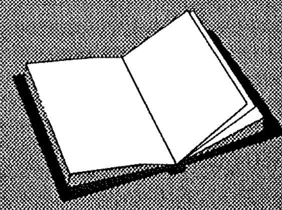
Eenvoudige leidingzoeker

Inleiding
Het in dit hoofdstuk beschreven apparaatje is in eerste instantie ontwikkeld voor het opsporen van ***metalen*** leidingen in vloeren, plafonds en muren. Als dusdanig is het uiteraard al een heel nuttig apparaatje voor iedere doe-het-zelver. Maar het toepassingsgebied is veel breder! In feite is de schakeling een miniatuur metaalzoeker, zodat men er ook allerlei kleine metalen voorwerpjes mee kan opsporen. Een muntstuk verloren in hoog gras in de tuin? Veel kans dat het apparaatje de munt opspoort! Een zeldzame schroef van een kast die verstoppertje speelt in hoogpolige zwarte vloerbedekking? Schakel het apparaatje in en het onderdeel is zó boven water!

Eigenschappen
Het apparaatje werkt volgens het inductieve principe, met een spoel als sensor. Metalen voorwerpen, in de buurt van de spoel, beïnvloeden de inductieve eigenschappen van de spoel en daarmee de frequentie van een oscillator. Men kan dus alle materialen opsporen die in staat zijn de inductieve eigenschappen van een spoel te beïnvloeden: in ieder geval alle metaalsoorten en sommige di-elektrische niet-geleidende materialen. Het theoretisch bereik voor grote metalen voorwerpen bedraagt ongeveer 20 cm. Kleine metalen voorwerpen, zoals munten, kunnen tot een afstand van ongeveer 10 cm gedetecteerd worden.

Het werkingsprincipe
De schakeling is opgebouwd uit twee oscillatoren. De eerste oscillator genereert een signaal met een zeer constante frequentie. De frequentie wordt gestabiliseerd door gebruik te maken van een ceramisch filter. De frequentie van de tweede oscillator is afhankelijk van een LC-kring. De L van deze kring bestaat uit de zoekspoel. De twee uitgangssignalen worden aan een menger aangeboden. Deze zal een verschilsignaal opwekken, waarvan de frequentie in het hoorbare gebied ligt. Als men het apparaatje ver van metalen voorwerpen houdt, zal de frequentie van de tweede oscillator stabiel zijn. Ook de frequentie van het verschilsignaal is dan stabiel en een klein ingebouwd luidsprekertje geeft een constante toon af. Beweegt men de zoekspoel in de richting

LEES OOK:
Geen verwijzingen

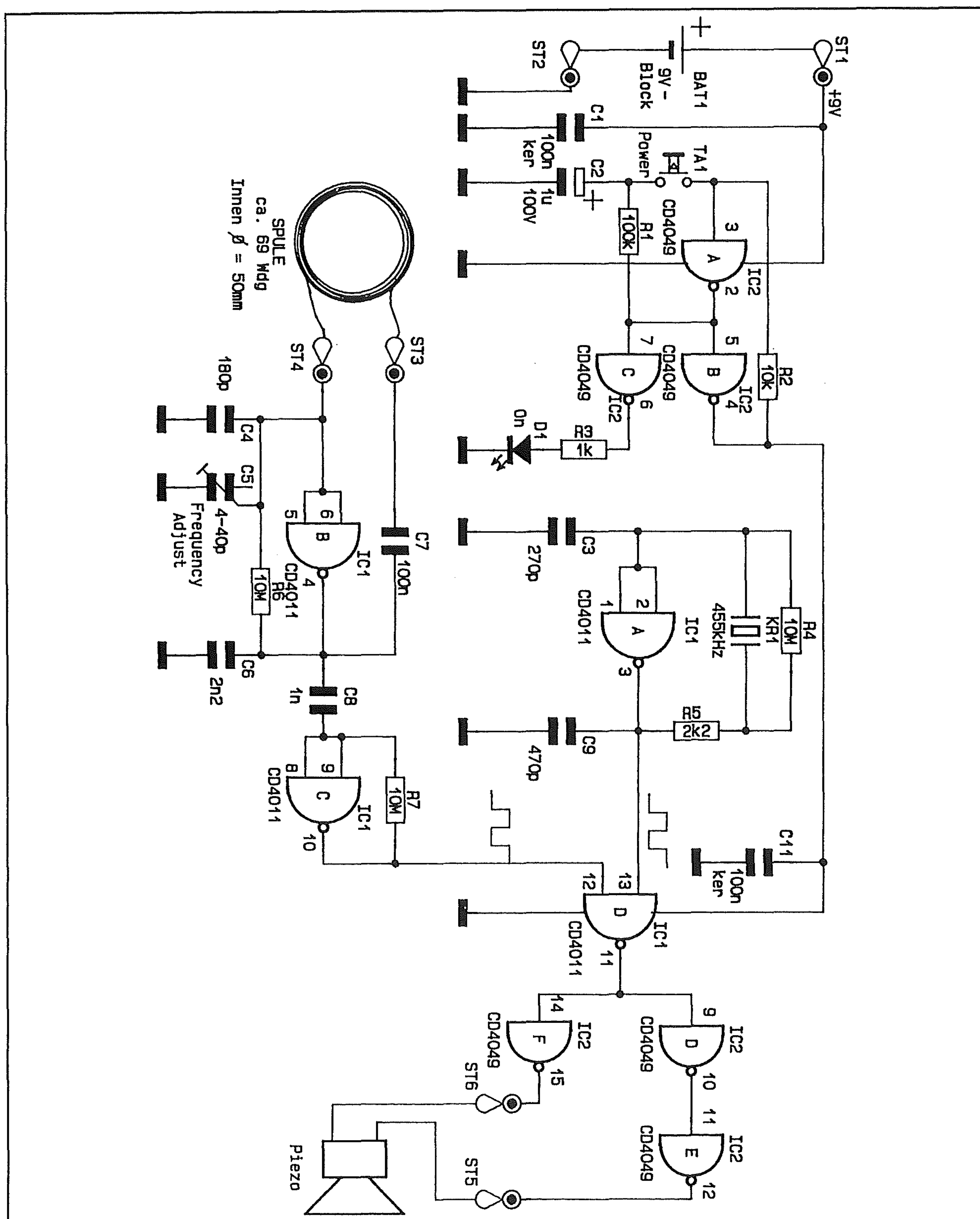


van een metalen voorwerp, dan zal de inductantie van de zoekspoel variëren. Het gevolg is dat de frequentie van de tweede oscillator ietsjes gaat veranderen. Dit verschijnsel wordt natuurlijk onmiddellijk doorgekoppeld naar het uitgangssignaal van de menger, zodat de frequentie van het verschilsignaal ook varieert. De toon die uit de luidspreker komt wijkt dus iets af, een verschijnsel waar het menselijk gehoor heel gevoelig voor is. Op deze manier is men dus in staat metalen voorwerpen op te sporen. Hoe dichter de zoekspoel in de nabijheid van een metalen voorwerp komt, hoe meer de toonhoogte zal afwijken van het normale geluid. Verwijdert men de zoekspoel weer van het metaal, dan zal de toonhoogte weer naar de normale waarde streven. Op deze manier kan men dus vrij nauwkeurig de zoekspoel zo dicht mogelijk bij een metalen voorwerp brengen.

Het schema

Het volledig schema van de metaalzoeker is geschetst in figuur 4/14.47-1. De vaste oscillator is opgebouwd rond IC1A. Deze poort is geschakeld als a-stabiele multivibrator. De ceramische resonator KR1 zorgt ervoor dat deze schakeling een blokgolf met een frequentie van 455 kHz genereert. Het uitgangssignaal van deze oscillator wordt aangeboden aan één ingang van de "menger" IC1D. De tweede oscillator is samengesteld rond de poort IC1B. De zoekspoel vormt samen met de condensatoren C4 en C5 een LC-trillingskring, waarvan de resonantiefrequentie de frequentie van het uitgangssignaal op pen 4 van IC1B bepaalt. De poort IC1C is als buffer geschakeld, zodat de oscillator zo min mogelijk belast wordt. Dank zij de terugkoppelweerstand R7 krijgt de poort een bepaalde Schmitt-trigger werking, waardoor de duty-cycle van het uitgangssignaal aangepast kan worden aan de duty-cycle van het uitgangssignaal van de eerste oscillator.
De twee ingangen van de poort IC1D ontvangen dus de twee signalen van de oscillatoren. Als beide signalen volledig identiek zouden zijn wat betreft frequentie en fase, dan zou de uitgang van de poort een signaal genereren met dezelfde frequentie, dus 455 kHz. In de praktijk zal dat natuurlijk niet het geval zijn. Op de uitgang van de poort ontstaat een verschilsignaal, dat LF-componenten bevat die in het hoorbare gedeelte van het frequentiespectrum liggen. Deze signalen worden nu aan een soort van brugversterker aangeboden, waarvan de uitgang de luidspreker stuurt. Als pen 11 van IC1D "H" is, dan wordt de onderste aansluiting ST6 van de luidspreker gestuurd met "L". De bovenste (ST5) wordt dan, vanwege de twee inverters IC2D en IC2E, gestuurd met een "H". Als pen 11 van IC1D "L" is, dan draaien de niveaus op de luidsprekeraansluitingen om. De luidspreker wordt dus steeds met een spanning gestuurd, waarvan de grootte gelijk is aan het verschil tussen het "L"- en "H"-niveau.
Tot slot de schakeling rond de poorten IC2A tot en met IC2C. Deze vormen een soort van bi-stabiele multivibrator, waardoor het mogelijk wordt het apparaat in of uit te schakelen door het drukken op de drukknop TA1. Stel dat het apparaatje is uitgeschakeld. Dat kan alleen als de uitgang van poort IC2B "L" is. Deze uitgang verzorgt immers de voeding voor de rest van de schakeling. Een en ander betekent dat de ingang van deze poort "H" moet zijn. Deze hoge spanning op pen 5 van IC2 laadt via de weerstand R1 de condensator C2 op tot de waarde van de voedingsspanning.

14.47 Eenvoudige leidingzoeker



Figuur 4/14.47-1: Het volledig schema van de schakeling.

14.47 Eenvoudige leidingzoeker

Dezelfde hoge spanning wordt geïnverteerd door de poort IC2C, zodat de uitgang van deze poort "L" wordt en de LED D1 dooft. Stel nu, dat op de drukknop TA1 wordt gedrukt. De hoge spanning over de condensator C2 wordt aangeboden aan de ingang van de inverter IC2A. De uitgang wordt "L", met als gevolg dat de uitgangen van de poorten IC2B en IC2C "H" worden. De LED D1 gaat branden, ter indicatie dat de schakeling actief is.

De hoge uitgang op IC2B verzorgt de voedingsspanning voor de rest van de schakeling.

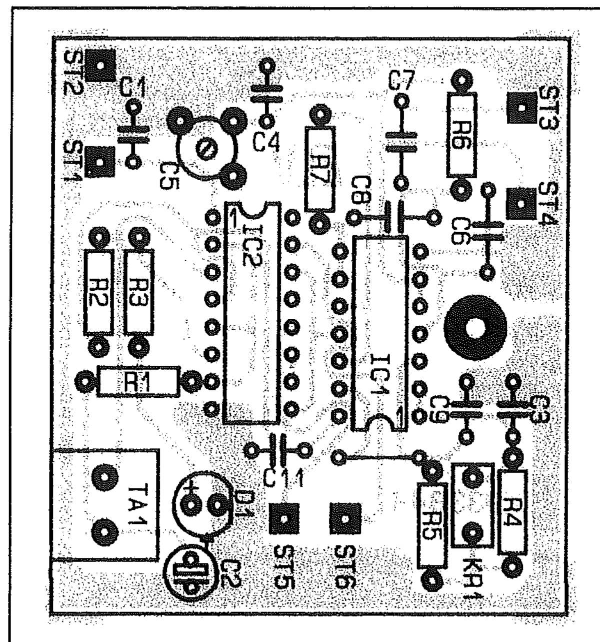
De condensator C2 wordt nu vrij snel ontladen via de weerstand R1 naar de lage uitgang van IC2A. Ondanks dit verschijnsel zal, ook na loslaten van de drukknop TA1, de beschreven situatie blijft bestaan. Via de weerstand R2 wordt immers de hoge uitgang van IC2B teruggekoppeld naar de ingang van IC2A. Ook na het loslaten van de drukknop zal de ingang van poort IC2A "H" blijven.

Drukt men opnieuw op de drukknop TA1, dan wordt de ingang van inverter IC2A opeens verbonden met de lage spanning over de condensator C2. De ingang van deze inverter wordt "L", de uitgang "H" en de uitgangen van IC2B en IC2C worden "L".

De voedingspanning voor de rest van de schakeling valt weg, de LED D1 dooft. Na het loslaten van de drukknop wordt de ingang van poort IC2A via de terugkoppelweerstand R2 blijvend verbonden met de "L" op de uitgang van IC2B. Ondertussen laadt de condensator C2 via de weerstand R1 op naar het hoge niveau op de uitgang van IC2A. Deze hoge spanning zal tot gevolg hebben dat bij een derde druk op de toets TA1 de schakeling weer geactiveerd wordt.

De bouw van de schakeling

De schakeling kan ondergebracht worden op het kleine printje, voorgesteld in figuur 4/14.47-2 op de transparante printpagina. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/14.47-3.



Figuur 4/14.47-3: De componentenopstelling.

Alle "normale" onderdelen worden op de gebruikelijke manier op de print gesoldeerd. Alleen de LED D1 moet iets anders behandeld worden en wel in zoverre dat de afstand tussen de print en de onderzijde van de LED 20 mm moet bedragen. Ook de print drukknop TA1 krijgt een speciale behandeling. In de twee gaatjes worden printsoldeerlipjes gesoldeerd met een hoogte van 1,3 mm. Nadien worden de twee aansluitpennetjes van de schakelaar op deze soldeerlipjes gesoldeerd en wel zo dat de afstand tussen de print en de onderzijde van de drukknop 8 mm bedraagt. In figuur 4/14.47-4 is een impressie gegeven van de volledig gemonteerde print.

14.47 Eenvoudige leidingzoeker

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %			
R3	1 kΩ		
R5	2,2 kΩ		
R2	10 kΩ		
R1	100 kΩ		
R4,R6,R7	10 MΩ		
CONDENSATOREN			
C4	180 pF		ceramisch
C3	270 pF		ceramisch
C9	470 pF		ceramisch
C8	1 nF		MKH
C6	2,2 nF		MKH
C1,C11	100 nF		ceramisch
C7	100 nF		MKH
C2	1 µF	100 V	printelco
C5	4 - 40 pF		trimmer
HALFGELEIDERS			
D1	LED 3 mm rood		
IC1	CD4011		
IC2	CD4049		
DIVERSEN			
KR1	ceramisch filter 455 kHz		
1	piëzoceramische luidspreker		
1	batterijclip voor 9 V batterij		
1	9 V batterij		
1	printdrukknop, MAAK		
1,2 m	koperlakdraad, 0,4 mm2		
4	kabelbinders		
6	printsoldeerlipjes		

De zoekspoel

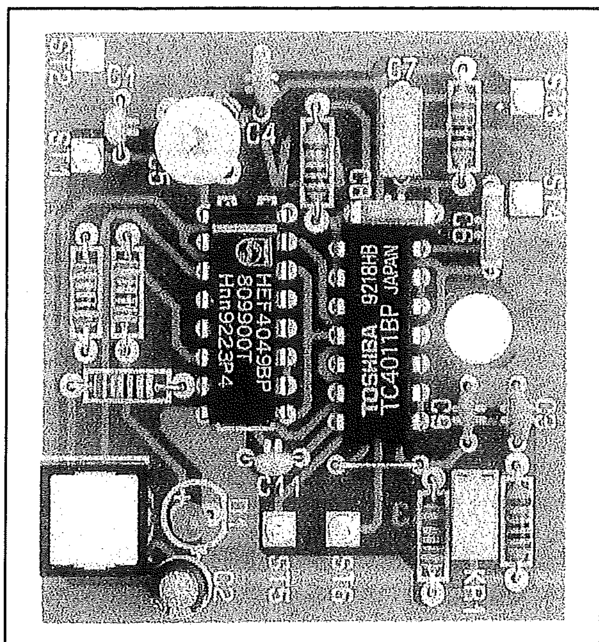
De zoekspoel bestaat uit 69 windingen koperlakdraad met een diameter van 0,3 mm tot 0,6 mm. De diameter van de spoel moet gelijk zijn aan 50 mm. Als wikkelkern kan ieder glad cirkelvormig voorwerp worden gebruikt, als de diameter ervan maar binnen +/-2 mm gelijk is aan 50 mm.

Als men de 69 windingen heeft aangebracht kan de spoel voorzichtig van de kern worden verwijderd. Om het uit elkaar vallen van de spoel te voorkomen wordt op vier punten een kabelbinder aangebracht.

De finale montage

Op dit moment zijn vier onderdelen klaar: de print, de spoel, de luidspreker en de batterij. Deze onderdelen kunnen ingebouwd worden in een *kunststof* behuizing. Een goed bruikbare behuizing is de "Softline", die in het programma van ELV zit. In figuur 4/14.47-5 wordt een indruk gegeven van hoe de vier losse componenten netjes in een dergelijk kastje passen.

14.47 Eenvoudige leidingzoeker



Figuur 4/14.47-4: De compleet gemonteerde print.

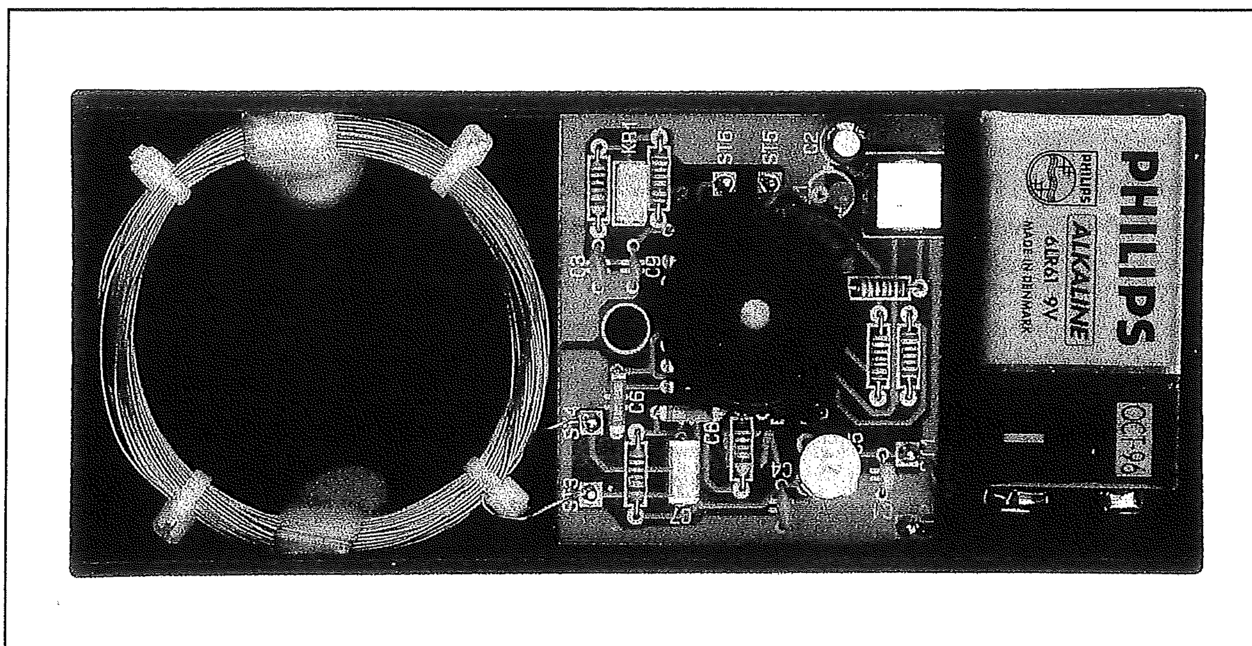
De batterij wordt, via de clip, verbonden met de printsoldeerlipje ST1 en ST2, waarbij ST1 aan de positieve pool komt. De piëzo-ceramische luidspreker wordt verbonden met de printsoldeerlipjes ST5 en ST6 en boven de twee IC's gemonteerd. De zoekspoel, tot slot, wordt gesoldeerd aan de printsoldeerlipjes ST3 en ST4.

Afregelen

Het afregelen beperkt zich tot het instellen van de condensator-trimmer C5. Met een geïsoleerde schroevendraaier of een speciaal afregelwerktuig wordt de rotor van de trimmer verdraaid tot er, zonder metaal in de buurt, een lage bromtoon uit de luidspreker klinkt. Breng nu een metalen voorwerp langzaam in de buurt van de spoel. Als de schakeling goed werkt, zal de toonhoogte langzaam stijgen en een maximale waarde bereiken als het metalen voorwerp boven de spoel wordt gehouden. Het kastje kan nu in elkaar geschroefd worden en de metaalzoeker is klaar voor gebruik.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze ELV-schakeling kan nog vermeld



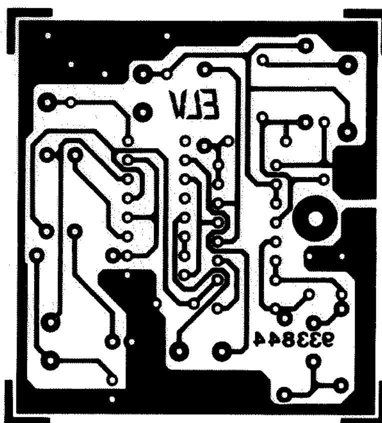
Figuur 4/14.47-5: De onderdelen gemonteerd in een "Softline"-kastje.

14.47 Eenvoudige leidingzoeker

worden dat deze eenvoudige leidingzoeker in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print en een voorgeboord en bedrukt kastje, wordt verzorgd door de firma DIL, Postbus 5544, 3008 AM Rotterdam, telefoon 010-485.42.13. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 14008. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

14.47 Eenvoudige leidingzoeker

14.47 Eenvoudige leidingzoeker



Figuur 4/14.47-2: De print voor de schakeling.

4/14.48

Eenvoudige digitale optische link

Inleiding

Optische digitale verbindingen

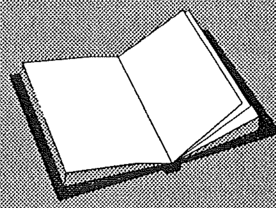
In de moderne HiFi- en communicatietechniek zijn optische digitale verbindingen niet meer weg te denken. Audio-CD, DAT en DVD weergevers van het duurdere soort hebben allemaal een optische uitgang, waarop het signaal van de Audio-CD, DAT of DVD digitaal onder de vorm van "licht-flitsjes" ter beschikking staat. Moderne computers hebben tegenwoordig een IrDa-uitgang, waarmee men randapparatuur infrarood met het systeem kan laten communiceren. Optische links hebben nogal wat voordelen. De glasvezelkabels zijn absoluut ongevoelig voor magnetische, elektrische of elektro-magnetische stoorvelden. Wie een microfoon via een lange kabel met een mengpaneel moet verbinden, kiest tegenwoordig meestal voor een optische link. Groot nadeel van optische link's is natuurlijk dat de gegevens per definitie digitaal verstuurd moeten worden. Aan de "zender"-zijde zal men dus de meestal analoge gegevens op de een of andere manier moeten omzetten in een seriële digitale data-stroom. Het middel dat hiervoor ter beschikking staat is "lineaire PCM". Met een analoog-naar-digitaal omzetter wordt het analoog signaal bemonsterd en ieder monstertje wordt omgezet in een aantal bits, waarvan het "binaire gewicht" evenredig is met de grootte van het monstertje. Deze bits worden serieel uitgelezen en naar de "zender" van de optische link gestuurd. Aan de "ontvanger"-zijde worden de binaire seriële lichtpulsjes eerst omgezet in een TTL-signaal en nadien via digitaal naar analoog omzetters op de een of andere manier weer getransformeerd in een analoog signaal.

Het aantal monstertjes dat per seconde wordt genomen en de quantiseringsdiepte (het aantal bit per monster) bepalen de nauwkeurigheid van het gehele proces.

Deze schakeling

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling, of in feite schakelingen, verzorgen de "zender" en de "ontvanger" van een optische link. Men moet dus het te verzenden signaal al in digitale, seriële vorm ter beschikking hebben en dit bovendien in standaard TTL-formaat. De "ontvanger"

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.6
Hoofdstuk 4/6.6



14.48 Eenvoudige digitale optische link

zet de digitale lichtflitsen om in een TTL-compatibele seriële datastroom, die dan verder verwerkt moet worden.

De toegepaste glasvezel
Bij de gepubliceerde schakelingen wordt uitgegaan van een modulaire zender en een dito ontvanger, die voorbereid zijn op het opnemen van een kunststof "glas"vezelkabel. Dergelijke kabels zijn niet duur, de verbinding van de kabel met de zender en ontvanger is zonder speciale apparatuur mogelijk. De eigenlijke lichtgeleider bestaat uit een vrij dikke kern uit polymethyleenacrylaat (PMA). Bij "vrij dik" moet men zich geen millimeters voor de geest halen, maar gemiddeld 100 µm. Deze geleider is omgeven door een of twee lagen kunsthars van ongeveer 30 µm. Het geheel wordt omgeven door een dikke PVC-mantel, waardoor de diameter van de kabel ongeveer 2,2 mm wordt.
Kunststof lichtgeleider kabels kunnen zonder problemen worden verwerkt. Zij zijn zeer flexibel en kunnen met stralen van 20 mm gebogen worden, zonder dat de optische geleiding daardoor vermindert. Dergelijke kabels zijn het gevoeligst voor zichtbaar licht, dit is een groot verschil met de "echte" glasvezelkabels, die absoluut met infrarood aangestuurd moeten worden.
De demping van kunststofkabels voor standaard kleuren bedraagt:
- groen (560 nm): ca. 20 dB/100 m;
- rood (660 nm): ca. 30 dB/100 m;
- infrarood (950 nm): ca. 300 dB/100 m.

Het zou dus heel verstandig zijn dergelijke kabels met groene LED's te bestralen. De standaard-modulen werken echter allemaal met infrarood licht. Op zich is dat géén probleem, want de grote kabeldemping wordt voor een deel weer gecompenseerd door het hoge vermogen dat infrarode LED's kunnen uitstralen. Bovendien zal de gemiddelde hobbyist zelden een 100 m lange verbinding moeten aanleggen!

De zender en ontvanger
Diverse fabrikanten leveren modules, een soort connectoren met ingebouwde elektronica. In een zender-module zit een stuurschakeling, die de TTL-compatibele ingangssignalen omzet in pulsen, waarmee een LED wordt gestuurd. De module is zo geconstrueerd, dat het vrij eenvoudig mogelijk is een kunststof lichtgeleidende kabel voor de LED te centreren. In de ontvanger zit een PIN- of Avalanche-diode en een schakeling, die de licht-stroom omzet in TTL-compatibele uitgangspulsen. Ook hier is het vrij gemakkelijk mogelijk de kern van de kunststofkabel te centreren op het foto-gevoelig oppervlak van de foto-gevoelige diode.
Er is zelfs een soort de facto standaard ontwikkeld wat betreft afmetingen en aansluitgegevens van dergelijke modulen. De door Toshiba op de markt gebrachte modulen met typenummers TOTX173 en TORX173 zal men vaak aantreffen in consumenten-apparatuur zoals Audio-CD spelers. Vandaar dat bij deze bouwbeschrijving van deze modulen wordt uitgegaan. Deze modulen hebben een maximale data-rate van 6 Mbit/s, waarmee een analoog frequentiebereik tot 3 MHz gegarandeerd is, een en ander natuurlijk afhankelijk van het aantal bits waarmee men de analoge monsters digitaliseert. Bij dergelijke snelheden is de afstand tussen zender en ontvanger wél te beperken tot maximaal 10 m.
Compatibele schakelingen worden onder andere door Siemens op de markt gebracht onder de coderingen SFH752V en SFH551V.

Montage van de kabel aan modulen

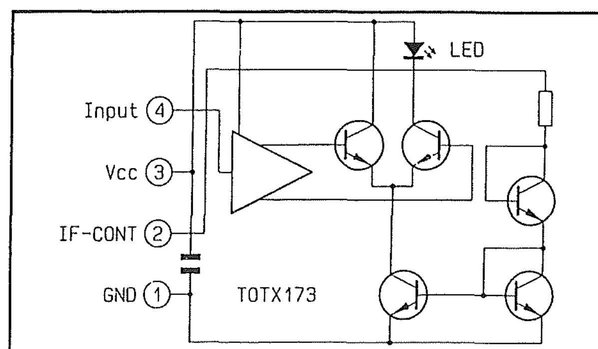
Zoals reeds geschreven is het koppelen van kunststof kabel aan de beschreven modulen vrij eenvoudig. Een verbinding met glasvezelkabel maken is echter toch iets ingewikkelder dan koperen adertjes aan de contacten van een connector solderen. Vandaar dat deze techniek hier uitgebreid wordt beschreven. Bij het doorknippen van een glasvezelkabel ontstaan (op microscopische schaal) zeer groffe snijvlakken, die voor optische demping zorgen en het licht in alle richtingen verstrooien. Gelukkig is kunststof glasvezelkabel vrij gemakkelijk te bewerken. Zowel de zender als de ontvanger modulen zijn voorzien van zelf-centrerende schroefbevestigingen, waarin men het uiteinde van de glasvezelkabel kan klemmen. Het snijden van de kabel kan zonder de speciale instrumenten, die wél noodzakelijk zijn als men "echte" zeer dunne monomodus glasvezel zou toepassen. Voor het overbruggen van korte afstanden (10 m) volstaat het de kabel met een scherp mes loodrecht op de lengterichting door te snijden en deze uiteinden nadien in de gaatjes van de modulen te monteren. Om de demping te reduceren wordt aanbevolen de snijvlakken te bewerken met polijstpapier met grofheid 600.
Als men langere afstanden moet overbruggen gaat men als volgt te werk. Een zeer scherp mesje wordt verhit tot een temperatuur van ongeveer 170 °C. Hiermee snijdt men de kabel *loodrecht* door. Nadien wordt het afgesneden uiteinde van de kabel *loodrecht* vijf seconde lang tegen een tot 120 °C verhitte metalen plaat geduwd.
Er wordt nogmaals gewezen op het feit dat bij het monteren van de kunststof lichtgeleidende kabel men er rekening mee moet houden dat scherpe hoeken absoluut uit den boze zijn. De minimale buigingsstraal bedraagt 20 mm.

De zender

De module TOTX173

Het intern blokschema van deze Toshiba-module is getekend in figuur 4/14.48-1. De schakeling heeft slechts vier aansluitingen, namelijk:
- 1: massa;
- 2: LED-stroom instelling;
- 3: voeding;
- 4: TTL-ingang.

De ingang wordt intern afgesloten met een buffer/driver, die via een long-tailed pair de zender-LED van stroom voorziet. De stroom door de LED wordt gestuurd vanuit een instelbare constante stroombron. De stroom, die via pen 2 wordt aangevoerd, bepaalt de grootte van de stroom die door de zend-LED vloeit.

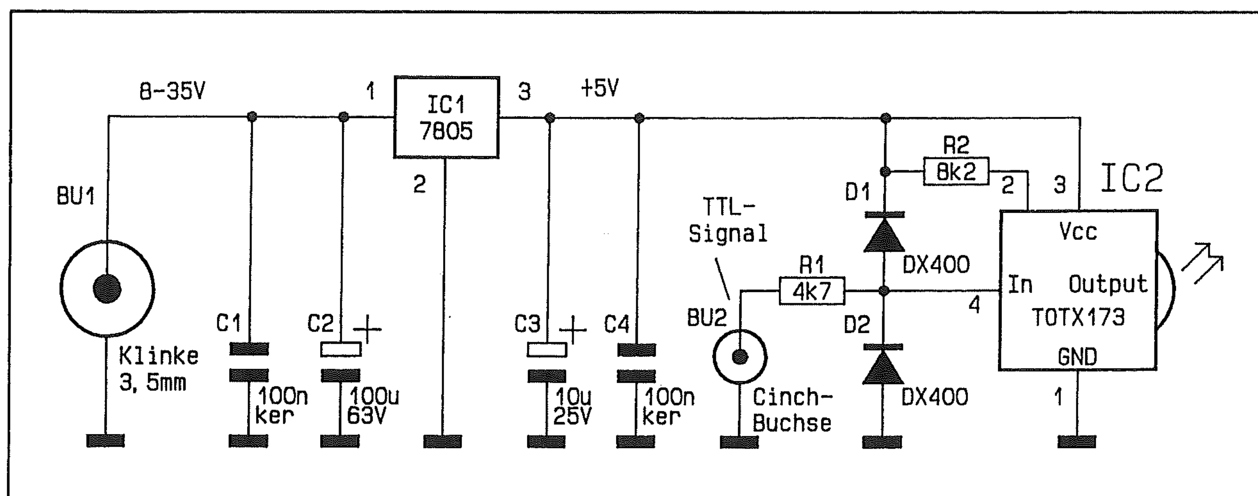


Figuur 4/14.48-1: Het intern blokschema van de zender-module TOTX173.

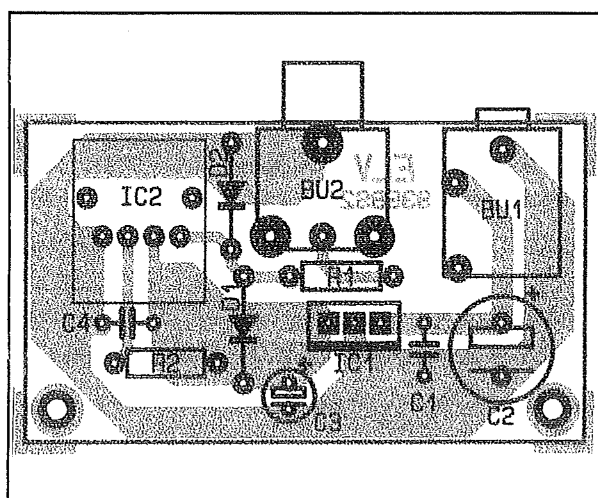
Het schema van de zender

Het schema van de zender wordt voorgesteld in figuur 4/14.48-2. Het geheel kan gevoed worden uit een netsteker-voeding, die een spanning levert tussen +8 V en +35 V.

14.48 Eenvoudige digitale optische link



Figuur 4/14.48-2: Het schema van de zender.

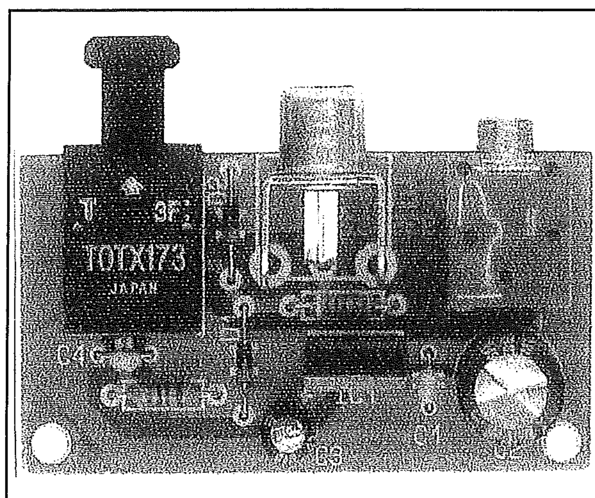


Figuur 4/14.48-4: De componentenopstelling van de zender.

De bouw van de schakeling

De zender kan ondergebracht worden op het kleine printje, voorgesteld in figuur 4/14.48-3.

Deze spanning wordt ontkoppeld door de condensatoren C1 en C2 en nadien via de stabilisator IC1 gereduceerd tot +5 V. Nadien volgen nog eens twee ontkoppelcondensatoren C3 en C4. De +5 V wordt aangeboden aan pen 3 van de module. Pen 2 wordt via een weerstand van 8,2 kΩ met de +5 V voeding verbonden, waardoor de stroom door de zend-LED geoptimaliseerd wordt. De TTL-ingang wordt via de connector BU2 aangeboden en gaat via een beveiligingsnetwerkje rechtstreeks naar de ingang op pen 4 van de module. Het beveiligingsnetwerkje bestaat uit de serieweerstand R1 en de twee Si-dioden D1 en D2.



Figuur 4/14.48-5: De gemonteerde zender.

14.48 Eenvoudige digitale optische link

ONDERDELENLIJST ZENDER

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	4,7 kΩ
R2	8,2 kΩ
CONDENSATOREN	
C1,C4	100 nF ceramisch
C2	100 µF 100 V printelco
C3	10 µF 25 V printelco
HALFGELEIDERS	
D1,D2	DX400
IC1	7805
IC2	TOTX173
DIVERSEN	
BU1	3,5 mm klinkconnector, print
BU2	cinch-connector, print

Dit netwerk zorgt ervoor dat de ingang van de module nooit getroffen kan worden door spanningen die groter zijn dan +5,7 V of kleiner zijn dan -0,7 V. Zou via de ingang een grotere of kleinere spanning worden aangeboden, dan gaat een van de dioden geleiden waardoor de spanning op de ingang van de module begrensd wordt op de massa of de voeding, +/- de geleidingsspanning van de geleidende diode. Het aanbrengen van dit netwerk heeft wél tot gevolg dat de bandbreedte van het systeem daalt. De dioden hebben immers een paracitaire capaciteit en deze vormt, samen met de serieweerstand R1, een mooi laagdoorlaat filtertje. Vandaar dat speciale zogenoemde "low-capacitance"-dioden worden gebruikt. Toepassen van "ordinaire" S-dioden zoals de 1N4814 zou de bandbreedte van de zender onacceptabel laten dalen.
De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.48-4, terwijl figuur 4/14.48-5 een impressie geeft van de gemonteerde schakeling.

De ontvanger

De module TORX173
Het intern blokschema van de ontvangermodule is getekend in figuur 4/14.48-6. De foto-gevoelige PIN-diode is, in sper, aangesloten tussen de voeding en de ingang van een gevoelige en breedbandige versterker. De uitgang van deze voorversterker gaat naar een schakeling, waarin gecompenseerd wordt voor de temperatuur.
De lekstroom van een PIN-diode is namelijk nogal afhankelijk van de temperatuur en vandaar dat het noodzakelijk is een compensatie in te bouwen. De uitgang van de voorversterker gaat vervolgens naar een snelle comparator, waar de spanning wordt vergeleken met de temperatuur-gecompenseerde drempel die wordt afgeleid van een interne referentiespanning.
De comparator levert een TTL-compatibele uitgang af.

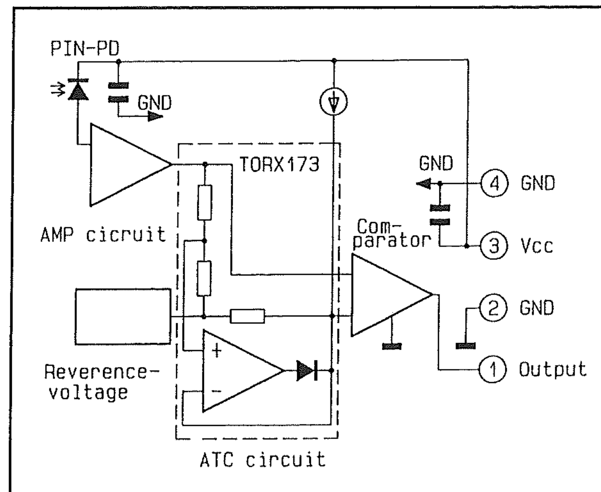
14.48 Eenvoudige digitale optische link

De ontvanger-module heeft zes aansluitingen, namelijk:

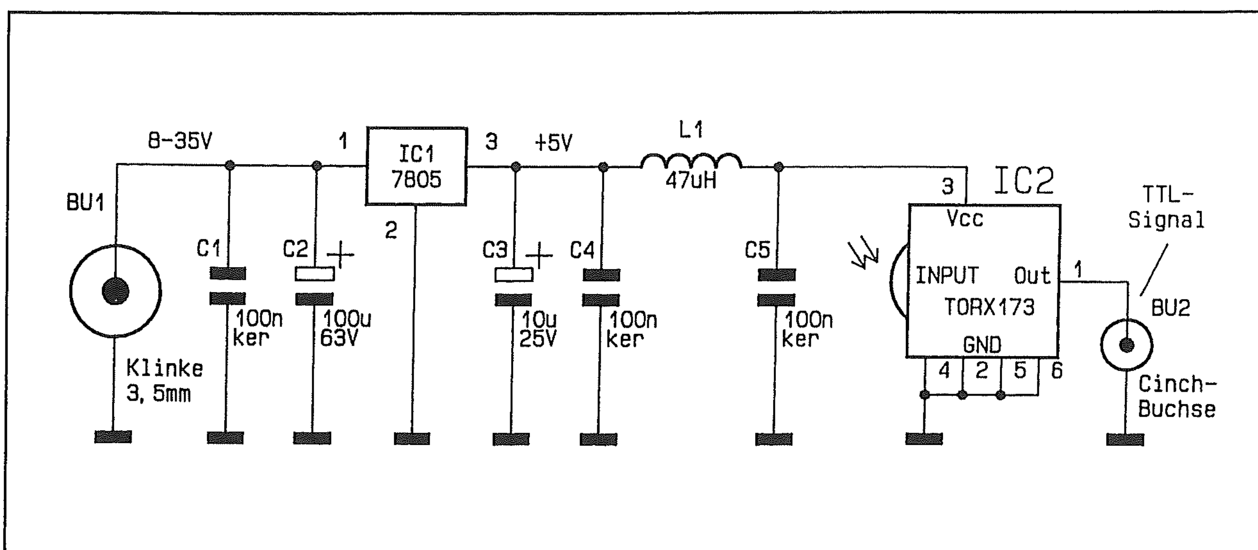
- 1: uitgang;
- 2: massa 1;
- 3: voeding;
- 4: massa 2;
- 5: massa 3;
- 6: massa 4.

Het schema van de ontvanger

Het volledig schema van de ontvanger is getekend in figuur 4/14.48-7. Ook deze schakeling kan gevoed worden uit een netsteker voeding en de manier waarop uit de uitgangsspanning een gestabiliseerde +5 V wordt gemaakt is identiek als bij de zender. Het enige verschil is de aanwezigheid van een klein spoeltje L1 in de voedingslijn van de module. Dit spoeltje zorgt, samen met de condensator C5, voor een extra ontkoppeling van de voedingsspanning.

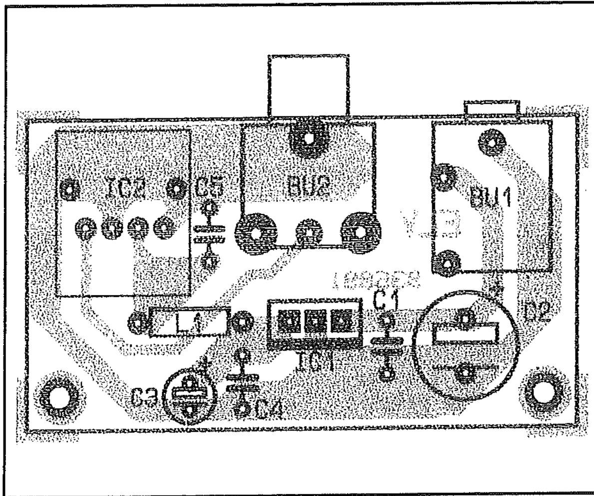


Figuur 4/14.48-6: Het intern blokschema van de ontvanger-module TORX173.

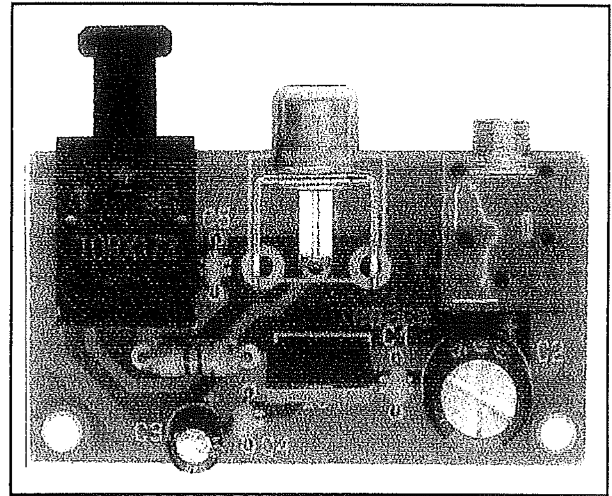


Figuur 4/14.48-7: Het volledig schema van de ontvanger.

14.48 Eenvoudige digitale optische link



Figuur 4/14.48-8: De componentenopstelling van de ontvanger.



Figuur 4/14.48-9: Het proto-type van de ontvanger.

De bouw van de ontvanger

Voor de ontvanger werd een vrijwel identiek printje ontworpen, zie figuur 4/14.48-3. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/14.48-8, terwijl de foto van figuur 4/14.48-9 weer een indruk geeft van het afgemonteerde printje.

Slotopmerking

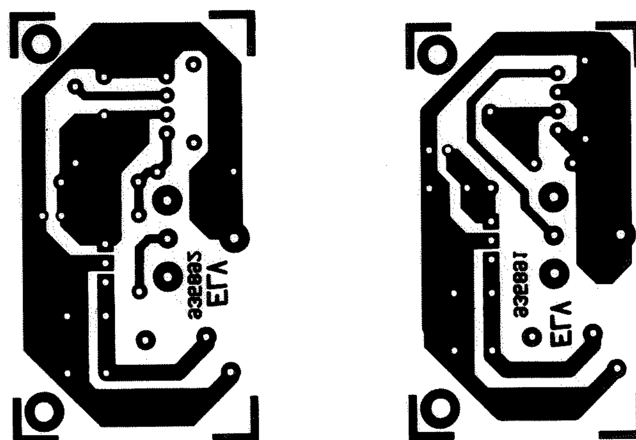
Het wordt aanbevolen zender en ontvanger uit *afzonderlijke* netstekervoedingen te voeden. Hierdoor is men ervan verzekerd dat de optische scheiding, die door de lichtgeleiderkabel wordt gegarandeerd, niet verloren gaat.

ONDERDELENLIJST ONTVANGER

CONDENSATOREN	
C1,C4,C5	100 nF ceramisch
C2	100 µF 100 V printelco
C3	10 µF 25 V printelco
HALFGELEIDERS	
IC1	7805
IC2	TORX173
DIVERSEN	
L1	47 µH spoeltje
BU1	3,5 mm klinkconnector, print
BU2	cinch-connector, print

14.48 Eenvoudige digitale optische link

14.48 Eenvoudige digitale optische link



Figuur 4/14.48-3: De print voor de schakeling.



4/14.49

Elektronische water-ontharder

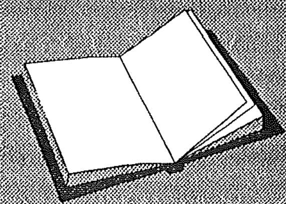
Inleiding

Grote delen van de Lage Landen Bij De Zee betrekken hun drinkwater uit kalkrijke bodemlagen. Dat kalkrijke "harde" water is uitstekend voor de gezondheid van mens en dier (vanwege de mineralen), maar niet zo uitstekend voor de gezondheid van huishoudelijke apparaten zoals wasmachines, koffiezetters, boilers en strijkbouten. In al deze apparaten wordt dit harde water immers verwarmd en bij dit verwarmen slaat de in het water aanwezige kalk onverbiddelijk neer op en in verwarmingselementen, toevoerleidingen, niveau-regelaars, etc. Het gevolg is dat de apparatuur zeer regelmatig langs chemische weg ontkalkt moet worden door de kalk op te lossen in een of ander zuur. Niet zo best voor het milieu!

Een oplossing is het aanbrengen van chemisch werkende water-ontharders. Die werken via ionen-uitwisseling, ontzouting of verhoging van de pH-waarde van het water. Dergelijke apparaten werken weliswaar uitstekend, maar zijn duur en moeten regelmatig onderhouden worden door filters te vervangen of chemische middelen in een reservoir te schudden. Bovendien kleven aan al deze ontharders milieutechnische bezwaren.

Ook op dit gebied kan de elektronica een handje helpen. In 1930 ontdekten diverse onderzoekers, vrijwel onafhankelijk van elkaar, dat magnetisme in staat is kalkaanslag te voorkomen en zelfs te verwijderen. Hoe dat proces fysisch te verklaren is, was toen volstrekt onduidelijk, maar de experimentele resultaten waren niet te ontkennen. Doordat allerlei onbetrouwbare bedrijfjes anti-kalk magneten op de markt brachten, die niet werkten, kreeg het procédé een onbetrouwbaar imago en verzonk in de vergetelheid. Sinds kort wordt er echter weer serieus wetenschappelijk onderzoek naar dit verschijnsel gepleegd en wordt eens te meer vastgesteld dat magnetische velden in staat zijn calciumcarbonaat kristallen te laten groeien. Omdat de kalk in leidingwater meestal onder de vorm van deze chemische verbinding aanwezig is, moet een magnetisch veld rond een waterleiding dus in staat zijn de kalkdeeltjes in het water in omvang te doen toenemen. Dat is dan ook wat experimenten met elektronenmicroscopen hebben aangetoond. Stuurt men leidingwater door een sterk magnetisch veld, dan

LEES OOK:
Geen verwijzingen



zullen de microscopisch kleine calcium-carbonaat deeltjes, die in het water zweven, zich bundelen tot veel grotere kristallen.
Het vreemde is nu dat deze kristallen veel minder de neiging hebben om ergens op neer te slaan dan de microscopisch kleine deeltjes van deze chemische stof. Er wordt dus veel minder ketelsteen gevormd. Maar wat nog veel vreemder is, is dat ondubbelzinnig werd aangetoond dat deze kristallen in staat zijn reeds gevormde ketelsteen zeer langzaam af te breken! Naar het hoe en waarom van deze verschijnselen wordt nog steeds onderzoek verricht. Een van de theorieën is dat magnetische velden de kernen waarop de kristallen groeien verstoren, bijvoorbeeld door het invloed uitoefenen op de oppervlaktelading ervan.

Van magnetisme naar elektromagnetisme

Als een constant magnetisch veld dit soort verschijnselen opwekt is het zeer waarschijnlijk dat een elektromagnetisch veld hetzelfde resultaat heeft. Uit experimenten blijkt dat dit inderdaad het geval is, sterker nog, elektromagnetische velden blijken zelfs veel effectiever te zijn dan hun statische soortgenoten die door magneten wordt opgewekt. Het blijkt voldoende te zijn om korte elektromagnetische pulsjes te induceren in het water dat door een waterleidingsbuis stroomt om het kristalgroei proces in gang te zetten.
Elektromagnetische pulsjes kunnen met zeer eenvoudige elektronische schakelingen gegenereerd worden. De markt wordt tegenwoordig dan ook overspoeld met elektronische water-ontharders, die allemaal volgens dit procédé werken en nog één ding gemeen hebben, namelijk hun belachelijk hoge prijs.
Hier ligt dus een prachtig terrein braak voor de elektronica doe-het-zelver!

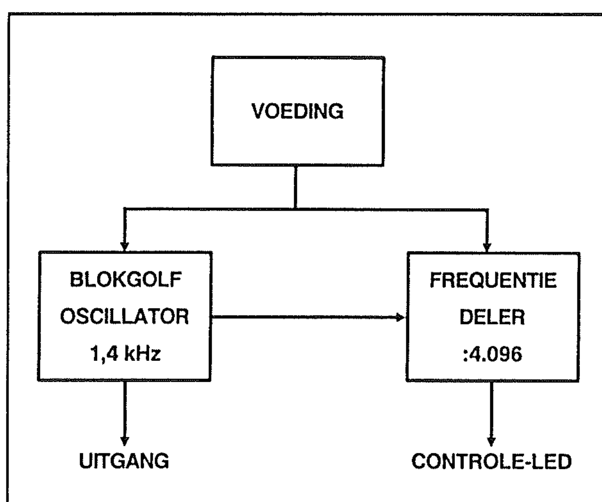
Het werkingsprincipe

Het komt er dus op aan een elektromagnetisch veld op te wekken en het te ontkalken water dat veld te laten doorlopen. Een elektromagnetisch veld ontstaat als er tussen twee geleiders een spanningsverandering optreedt. Hoe sneller deze spanningsverandering, hoe groter het veld. Hieruit volgt dat de grootte van de spanning er niet veel toe doet. Dat is natuurlijk jammer, want was dat wél het geval geweest, dan zou men twee goed geïsoleerde elektroden op de waterleidingsbuis kunnen plakken en tussen die twee elektroden de netspanning zetten. De netspanning verloopt echter sinusoidaal en er is geen sprake van snelle spanningsvariaties, die nu net zo belangrijk zijn voor het creëren van een sterk elektromagnetisch veld. Snelle spanningsvariaties kunnen natuurlijk wél gegenereerd worden met een pulsgenerator. Het zal duidelijk zijn dat de stijgtijd van de puls veel belangrijker is voor het opwekken van een sterk veld dan de grootte van de pulsspanning. Het volstaat dus een pulsgenerator te ontwerpen, die op laagspanning werkt en de uitgangsspanning van deze generator aan te sluiten tussen twee elektroden, die op de waterleidingsbuis worden bevestigd.

Het blokschema

Het blokschema van de in dit hoofdstuk beschreven schakeling is getekend in figuur 4/14.49-1. Hart van de schakeling is een blokgolf oscillator, die een uitgangssignaal met een frequentie van 1,4 kHz genereert. Dit signaal gaat, samen met de massa, rechtstreeks naar de waterleiding en is verantwoordelijk voor het opbouwen van het elektromagnetisch veld dat de zo

wonderbaarlijke invloed op de kwaliteit van het water heeft. Er zijn boeken vol geschreven over het verband tussen de frequentie van het signaal, de diameter van de waterleidingbuizen en de doorstroomsnelheid van het water. Het blijkt dat een frequentie rond 1,5 kHz voor de huis-, tuin- en keukenwaterleiding het grootste rendement heeft.



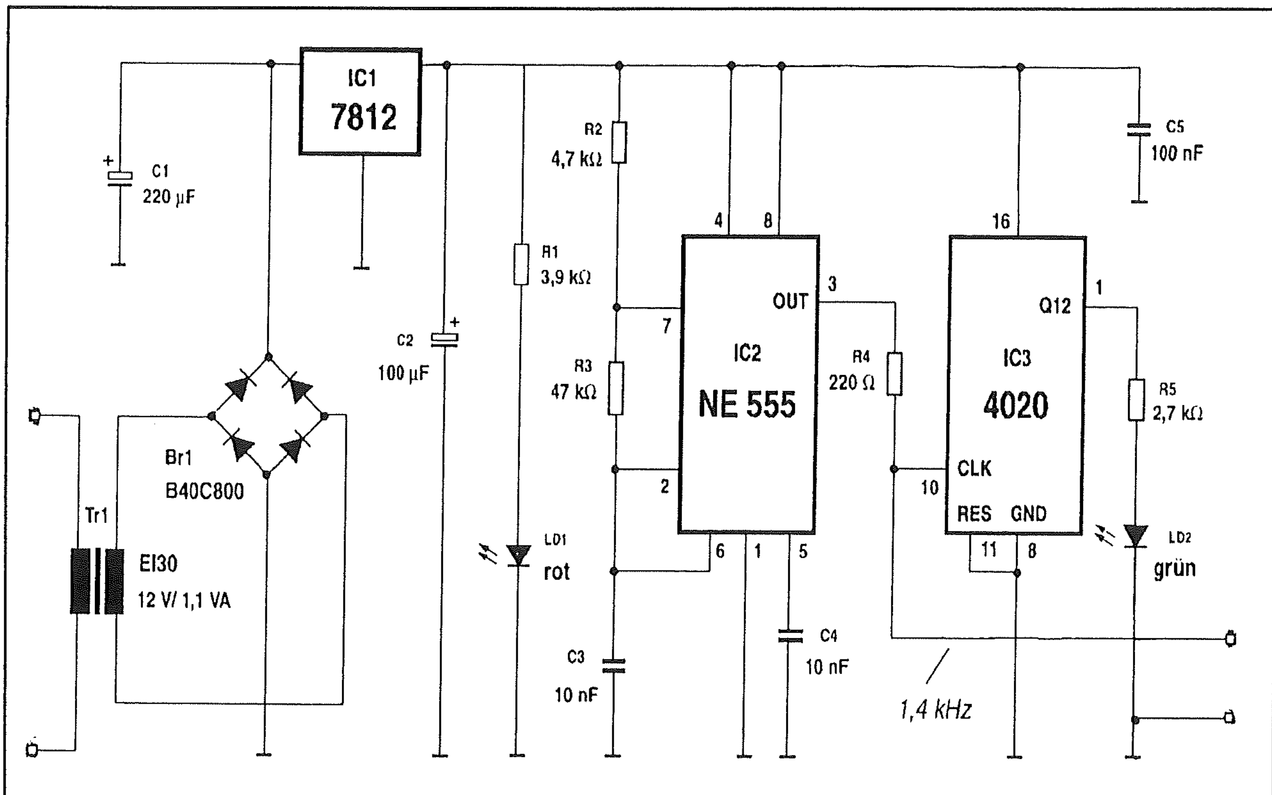
Figuur 4/14.49-1: Het blokschema van de waterontkalker.

In principe zou dit ene blok van figuur 4/14.49-1 moeten volstaan. Voor de gemiddelde ontwerper is er natuurlijk geen eer te behalen aan het "ontwerpen" van zo'n eenvoudige schakeling. Dus fluks aan het denken geslagen hoe deze ene multivibrator uitgebreid kan worden met extra elektronica, die toch een nuttige functie heeft. Men zou bijvoorbeeld een schakeling kunnen verzinnen, die aangeeft dat het geheel naar tevredenheid werkt.
Dat is precies dé functie die de ontwerpers van de schakeling in hun hoofd voelden opbloeien. Het uitgangssignaal van de multivibrator gaat naar een frequentiedeler, die de frequentie van het signaal door 4.096 deelt. Er ontstaat dan een puls met een frequentie van:

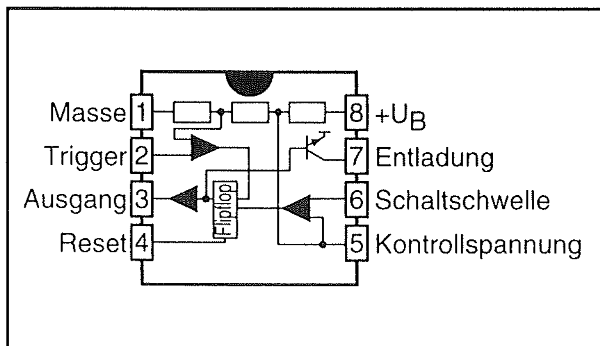
1.400 Hz / 4.096 = 0,34 Hz.
Het uitgangssignaal van de deler heeft dus een periode van 2,9 s. Met dit signaal kan een controle-LED aangestuurd worden, die knipperend aangeeft dat de elektronica nog steeds bezig is met het kristalliseren van de kalkdeeltjes in het water.

Het volledig schema van de schakeling
In figuur 4/14.49-2 is het volledig schema van de schakeling getekend.
Hart van de schakeling is IC2, een timer van het type 555. Deze is geschakeld als astabiele multivibrator. De condensator C3 is het voornaamste element dat de frequentie van het uitgangssignaal bepaalt. Deze condensator wordt via de weerstanden R2 en R3 opgeladen uit de voedingsspanning. De spanning over de condensator wordt via de pennen 2 en 6 van het IC vergeleken met twee interne drempels, die op 1/3 en 2/3 van de voedingsspanning liggen. Als de spanning over de condensator gestegen is tot 2/3 van de voedingsspanning wordt dit via pen 6 gedetecteerd. De interne flip-flop (zie figuur 4/14.49-3) wordt geset, de interne ontlaadtransistor op pen 7 wordt in geleiding gestuurd.
De condensator wordt nu via de weerstand R3 ontladen, zodat de spanning over dit onderdeel gaat dalen. Als de spanning gedaald is tot 1/3 van de voedingsspanning wordt dit gedetecteerd door pen 2. De flip-flop word gereset, de interne ontlaadtransistor weer in sper gestuurd. De condensator kan nu weer via R2 en R3 opladen tot 2/3 van de voedingsspanning. De spanning over de condensator gaat dus heen en weer tussen de grenzen 1/3 en 2/3 van de voedingsspanning. Bij het bereiken van een van deze drempels wordt de interne flip-flop geset of gereset.

14.49 Elektronische water-ontharder

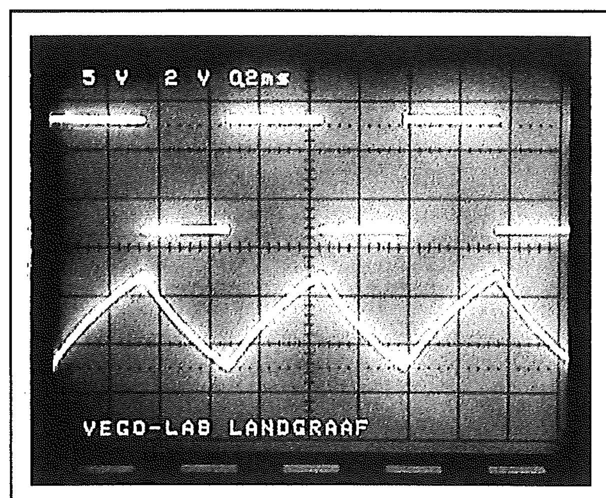


Figuur 4/14.49-2: Het volledig schema van de schakeling.



Figuur 4/14.49-3: Het intern blokschema van de 555.

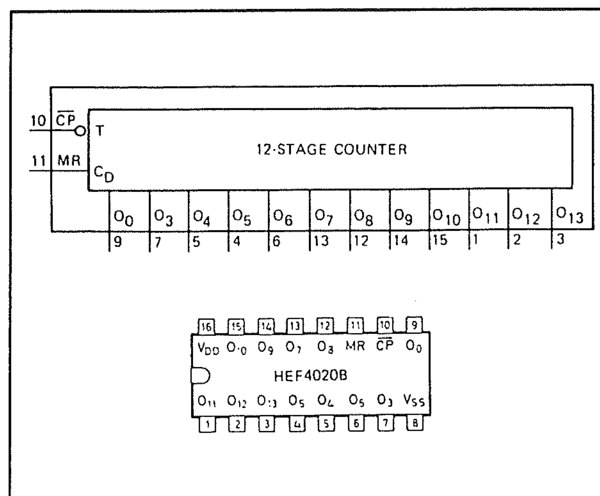
De uitgang van de timer 555 is verbonden met een van de uitgangen van de interne flip-flop, zodat op de uitgang een blokvormig signaal ontstaat. Door de verhouding tussen de weerstanden R2 en R3 goed te kiezen, kan men er voor zorgen dat op de uitgang een bijna ideaal vierkantvormig verlopende pulsspanning ontstaat. De werking van de 555 wordt nog eens toegelicht aan de hand van de oscilloscoop-foto van figuur 4/14.49-4. Het bovenste oscillogram toont de uitgangsspanning van de 555 op pen 3, het onderste de spanning over de condensator C3.



Figuur 4/14.49-4: De spanningsvormen op de pennen van de 555.

14.49 Elektronische water-ontharder

De uitgang van de 555 gaat via de beveiligingsweerstand R4 naar een van de uitgangen van de schakeling. De tweede uitgang ligt aan de massa. De weerstand R4 zorgt ervoor dat het per ongeluk kortsluiten van de uitgangen geen nare gevolgen heeft voor de 555.
De uitgangsspanning gaat bovendien naar de klok-ingang van IC3, een 4020. Zoals uit figuur 4/14.49-5 blijkt, bevat dit IC twaalf frequentiedelers, zodat de frequentie van het klok-signaal door 2^{12} = 4.096 gedeeld wordt. De controle-LED D2 is via de voorschakelweerstand R5 aangesloten op de twaalfde uitgang van IC3.



Figuur 4/14.49-5: Het intern blokschema en de aansluitgegevens van de 4020.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	3,9 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3	47 kΩ
R4	220 Ω
R5	2,7 kΩ

CONDENSATOREN

C1	220 µF 25 V print-elco
C2	100 µF 16 V print-elco
C3,C4	10 nF ceramisch
C5	100 nF ceramisch

HALFGELEIDERS

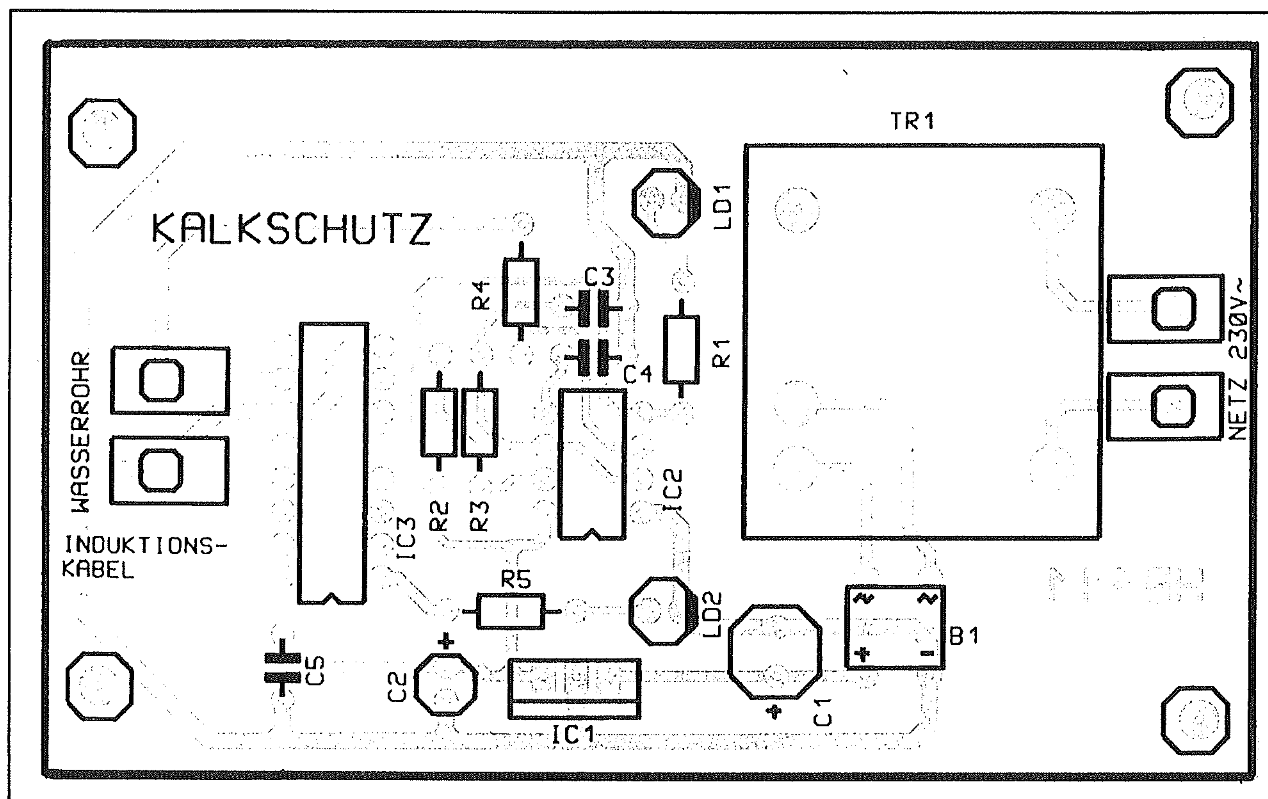
Br1	B40C800
LD1	LED, rood, 3 mm
LD2	LED, groen, 3 mm
IC1	7812
IC2	555
IC3	4020

DIVERSEN

Tr1	1 x 12 V, 1,1 VA trafo

1 x IC-voetje, 8 pennen
1 x IC-voetje, 16 pennen
2 x printkroonsteentje

14.49 Elektronische water-ontharder



Figuur 4/14.49-7: De componentenopstelling van de schakeling.

De voeding van de schakeling is klassiek van opbouw. Via de trafo Tr1 wordt uit de 230 V netspanning een wisselspanning van 12 V afgeleid. Deze wordt gelijkgericht met de brug Br1, afgevlakt met de condensator C1 en op 12 V gestabiliseerd met IC1. De condensatoren C2 en C5 verzorgen de verplichte extra afvlakking en HF-onderdrukking op de uitgang van de stabilisator. De LED LD1 is via de serieweerstand R1 met de gestabiliseerde spanning verbonden en gaat dus branden als de schakeling met het net verbonden wordt.

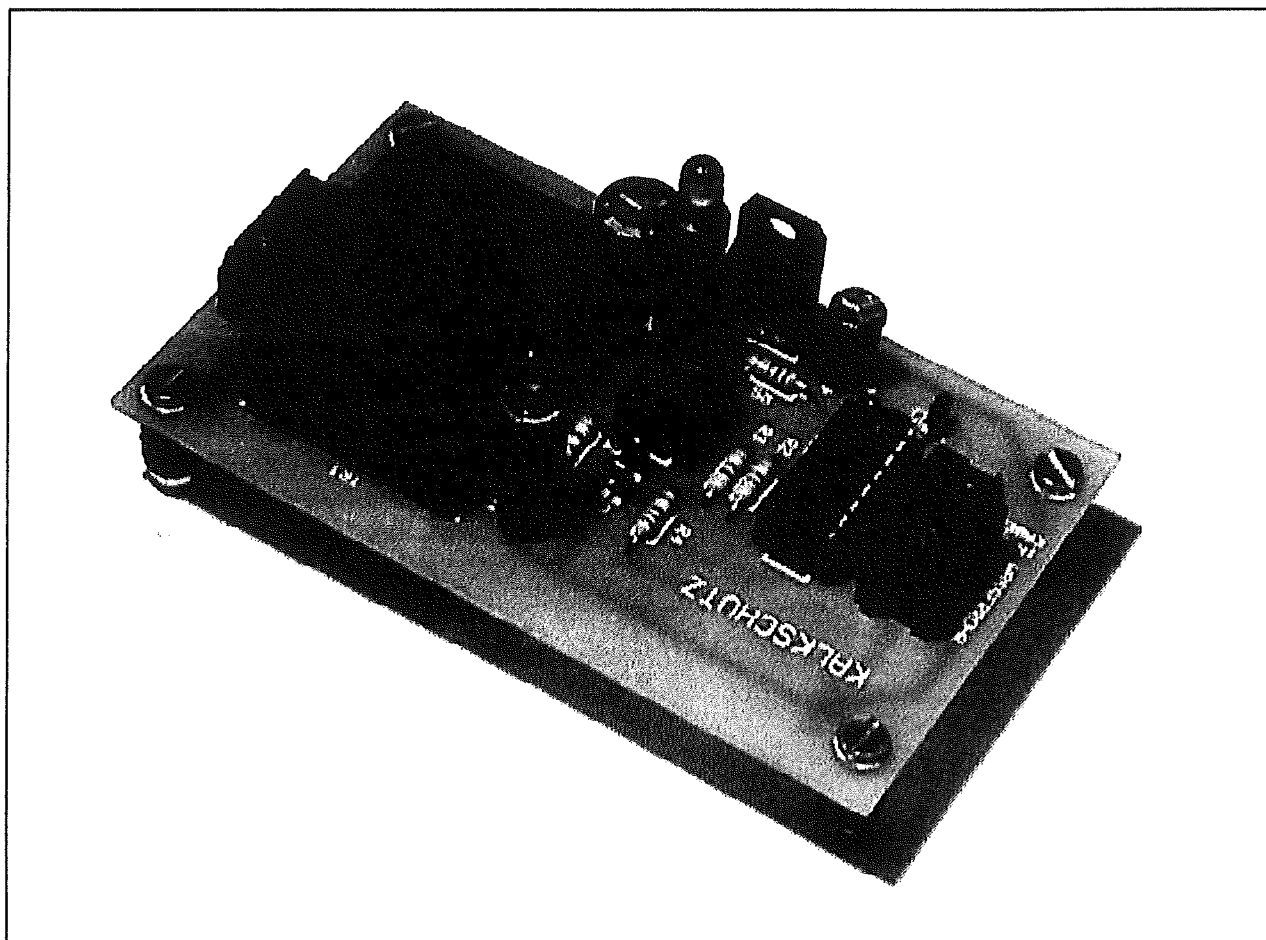
De bouw van de schakeling

De volledige schakeling wordt opgebouwd op de print die geschetst is in figuur 4/14.49-6 op de transparante printpagina. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.49-7.

De print wordt in de onderstaande volgorde volgebouwd:
- de 5 weerstanden;
- de 5 condensatoren;
- de 2 IC-voetjes;
- de 2 LED's, de afgeplatte kant van de behuizing codeert de kathode, deze onderdelen moeten ongeveer 23 mm boven de print uitsteken;
- de bruggelijkrichter;
- de spanningsstabilisator IC1, deze kan zonder koelplaat loodrecht op de print gesoldeerd worden;
- de nettrafo;
- de 2 printkroonsteentjes;
- de 2 IC's.

De foto van figuur 4/14.49-8 geeft een impressie van de volledig gemonteerde print.

14.49 Elektronische water-ontharder



Figuur 4/14.49-8: De compleet gemonteerde schakeling.

Het testen

Sluit de 230 V van het net aan op het printkroonsteentje naast de trafo. De rode LED moet nu continu gaan branden en de groene LED moet knipperen met een frequentie van ongeveer 0,34 Hz. Dit bewijst dat de voedingsspanning aanwezig is (rode LED) en dat de oscillator en frequentiedeler het doen (groene LED).

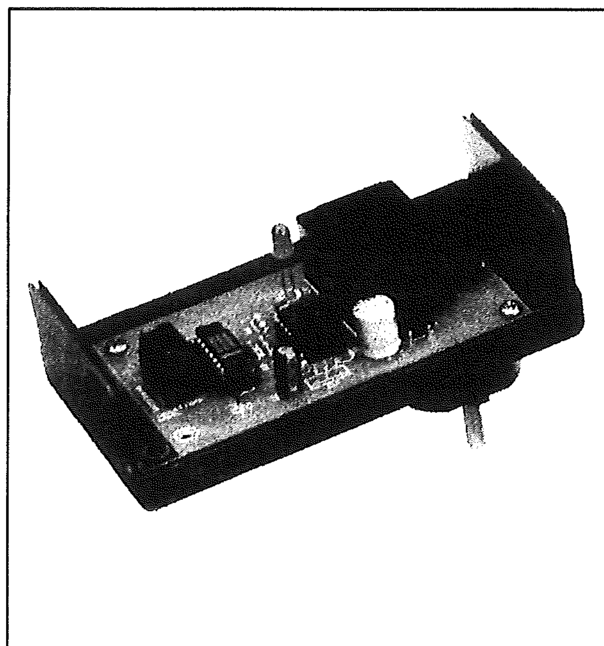
De eindmontage

De print kan in een speciaal netstekerkastje gemonteerd worden, zie figuur 4/14.49-9. Het kroonsteentje voor de netspanning kan met de twee pennen van de steker verbonden worden. In de deksel van het kastje moeten twee gaatjes geboord worden voor de LED's. Bovendien zijn er twee gaatjes nodig voor het doorvoeren van de uitgangskabels.

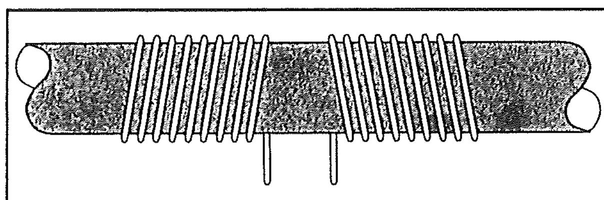
De twee uitgangen van de schakeling worden verbonden met twee ongeveer 1,5 m lange geïsoleerde soepele draadjes, die volgens figuur 4/14.49-10 rond de waterleidingsbuis worden gewikkeld. Men kan het best de buis eerst beplakken met tweezijdig klevende plakband en de draden strak op dit plakband wikkelen. De wikkelingen hechten zich dan aan de kleeflaag en blijven netjes op de buis zitten. Nadien beplakt men de wikkelingen nog eens met eenzijdig klevende plakband, zodat een keurig en net geheel ontstaat. Let op de wikkelrichting van de beide spoelen!

14.49 Elektronische water-ontharder

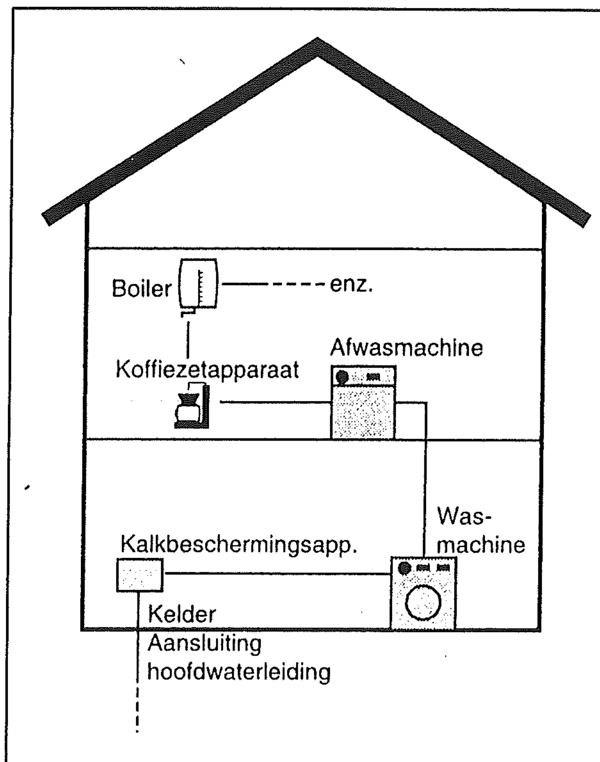
De schakeling is zo goedkoop dat het te overwegen valt ieder kritisch apparaat te voorzien van een eigen apparaatje. Wie voorlopig nog wat sceptisch is over de resultaten van de water-ontharding zou kunnen beginnen met één apparaatje, dat dan volgens figuur 4/14.49-11 in de kelder wordt gemonteerd ná de watermeter. Natuurlijk kan men niet verwachten dat één dergelijk apparaatje voldoende werking heeft om het waterleidingnet in een huis opeens volledig kalkvrij te maken. Maar toch zal men na een paar weken al gaan merken dat het water merkbaar zachter wordt.



Figuur 4/14.49-9: De print kan gemonteerd worden in een speciaal kastje.



Figuur 4/14.49-10: Het aanbrengen van de twee draden rond de waterleiding.

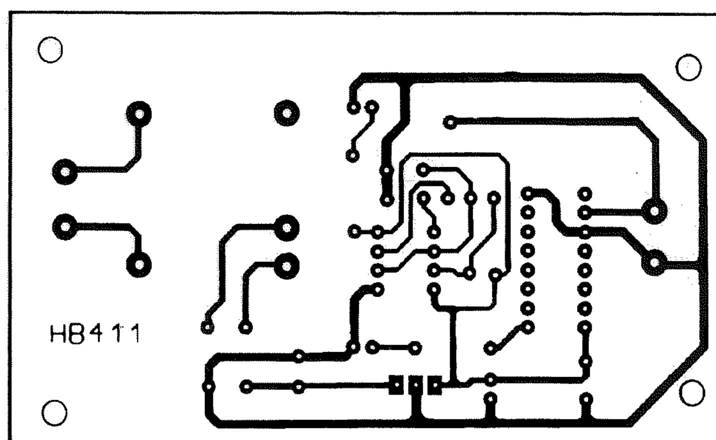


Figuur 4/14.49-11: Het monteren van één waterontharder in de centrale watertoevoer in de kelder.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze Conrad-schakeling kan nog vermeld worden dat de “elektronische waterontharder” leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling en levering van dit bouwpakket, inclusief de print, wordt verzorgd door de firma Conrad Electronic, Postbus 12, 7500 AA Enschede, telefoon 0800-099.66.00.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 19-10-00-55.
De passende netstekerbehuizing is leverbaar onder de bestelcode 10-37-21-55.
Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en levertijden.

14.49 Elektronische water-ontharder



Figuur 4/14.49-6: De print voor de schakeling.



4/14.50
Universeel gasalarm

Inleiding

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling waarschuwt door het genereren van een zoemtoon tegen te hoge concentraties van schadelijke gassen in de lucht. Desgewenst kan men de zoemer vervangen door een relais en kan men met het relaiscontact zwaardere alarmmelders inschakelen of beveiligingsmaatregelen treffen.

De schakeling is universeel omdat het toepassingsbereik in grote maten afhankelijk is van het soort sensor dat men in de schakeling soldeert. De schakeling is ontworpen rond de bekende en goed verkrijgbare gassensoren van Figaro, zodat men het apparaatje kan gebruiken voor het detecteren van:

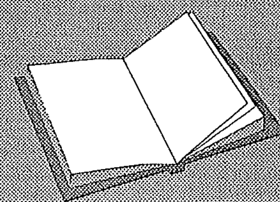
- aardgas;
- prophaan;
- buthaan;
- koolstofmonoxyde;
- ethaan;
- benzol;
- benzine;
- alcohol;
- ammoniak;
- zwaveldioxyde.

Gevaarlijke gassen

Te weinig mensen beseffen hoe gevaarlijk voor de gezondheid sommige gassen zijn. Een van de gevaarlijkste gassen die in een huis kunnen ontstaan is koolstofmonoxyde, met als chemische formule CO. Dit gas komt vrij bij onvolledige verbranding van organische materialen zoals steenkool, hout en aardolieën (benzine!). Het grote gevaar van dit gas is dat het reuk- en kleurloos is en dus niet wordt opgemerkt door de zintuigen. Het CO-gas bindt zich zeer gemakkelijk aan de hemoglobine die in het bloed zit en verhindert daardoor de normale opname van zuurstof door het bloed. De gevolgen van koolstofmonoxyde vergiftiging zijn misselijkheid bij zeer kleine concentraties tot dodelijke verstikking bij hoge concentraties. In de tabel van figuur 4/14.50-1 is een overzicht gegeven van de lichamelijke gevolgen van dit gas in functie van de concentratie in de lucht.

Die tabel zegt misschien nog niet zo veel. Een voorbeeldje zal echter een en ander verduidelijken. Een kubieke meter lucht (1 m^3) heeft 1.000.000 kubieke centimeter (cm^3) inhoud.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/12.3
Hoofdstuk 6/6.18.5



14.50 Universeel gasalarm

CONCENTRATIE IN %	CONCENTRATIE IN PPM	GEVOLGEN
0,02 %	200 ppm	lichte hoofdpijn na 2 tot 3 uren
0,04 %	400 ppm	zware hoofdpijn na 1 tot 2 uren
0,08 %	800 ppm	ademnood en krampen, bewusteloosheid na 2 uren
0,16 %	1.600 ppm	zware hoofdpijn na 20 minuten, dodelijk na 2 uren
0,32 %	3.200 ppm	dodelijk na 30 minuten
0,64 %	6.400 ppm	dodelijk na 10 tot 15 minuten
1,28 %	12.800 ppm	dodelijk na 1 tot 3 minuten

Figuur 4/14.50-1: De effecten op de gezondheid van verschillende concentraties koolstofmonoxyde.

Een miljoenste deel daarvan, dus 1 cm^3 komt overeen met 1 ppm (parts per million). Een kubusje met een zijde van 11,4 cm neemt in de kubieke meter precies 1.600 ppm volume-aandeel in. Als dus in die ene kubieke meter lucht dat kleine kubusje gevuld zou zijn met zuiver koolstofmonoxyde, dan zou een persoon in die ruimte na ongeveer twee uren sterven!

Explosiegevaar

Een ander probleem met gassen op basis van koolstof/waterstof-verbindingen is dat zij zeer explosief zijn. Het zou niet de eerste motorboot zijn die explodeert vanwege een gaslek in het afgesloten motorcompartiment! Ook hier kan een universele gassensor dus goede diensten bewijzen. Een gasexplosie ontstaat als er in een ruimte een bepaalde hoeveelheid van een gas aanwezig is. Die kritische hoeveelheid, dus de concentratie gas in de lucht waarbij een explosie kan optreden, is afhankelijk van het soort gas. In de tabel van figuur 4/14.50-2 is dit voor een aantal koolstof/waterstof-gassen gegeven (tweede kolom). In de derde kolom staat de daarbij horende relatieve gasdichtheid in de lucht. Uit deze kolom blijkt dat gassen gevaarlijker worden als er meer koolstofmoleculen aan het waterstof verbonden zijn. Het lichte methaan, voornaamste onderdeel van stadsgas, met als chemische formule CH_4 heeft een concentratie van 5,0 % in de lucht nodig alvorens er explosiegevaar bestaat. Het zwaardere buthaan, het voornaamste bestanddeel van camping-gas en met chemische formule C_4H_{10}, gaat al ontploffen bij een kritische concentratie van 1,8 % in de lucht.

Wil men dergelijke brandbare gassen detecteren, dan moet men ook rekening houden met het soortelijk gewicht van het gas. Sommige gassen zijn lichter dan lucht en zullen dus in een afgesloten ruimte naar het plafond stijgen, andere gassen zijn zwaarder dan lucht en zullen dus op de vloer blijven hangen. In het eerste geval (stadsgas!) moet men een gassensor ophangen aan het plafond, in het tweede

geval (camping-gas!) moet men de sensor op de vloer monteren.

VERBINDING	CONCENTRATIE	RELATIEVE DICHTHEID
Methaan	5,0 %	0,6
Ethaan	3,0 %	1,0
Prophaan	2,1 %	1,6
Buthaan	1,8 %	2,0
Penthaan	1,4 %	2,5
Hexhaan	1,2 %	3,0
Hepthaan	1,0 %	3,5
Okthaan	0,9 %	3,9
Dekhaan	0,7 %	4,9

Figuur 4/14.50-2: De kritische explosiedichtheid van een aantal koolstof/waterstof-gassen.

Tagushi-sensoren

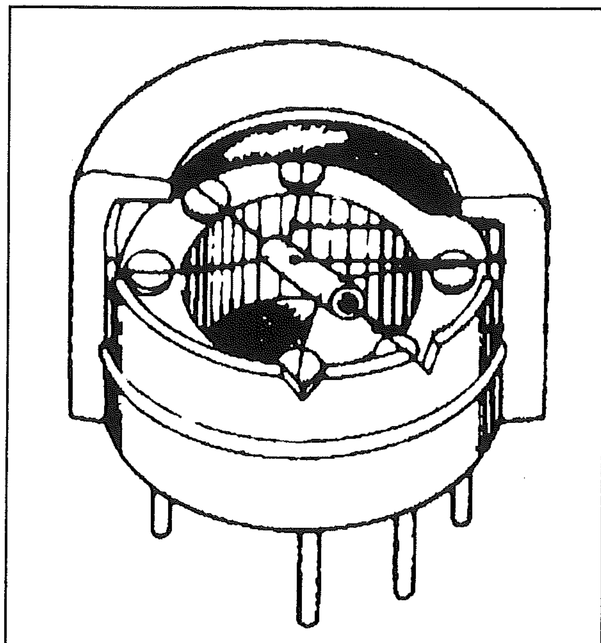
Gelukkig bestaan er tegenwoordig elektronische onderdelen, die in staat zijn concentraties van bepaalde gassen in de lucht te detecteren: de Tagushi-sensoren. Deze sensoren zijn bruikbaar voor het detecteren van gevaarlijke gassen en werken op halfgeleidende basis. Maar daarnaast zijn deze sensoren ook uitstekend geschikt voor de detectie van rookgassen.

Taguchi-sensoren werken volgens een principe dat door de Japanse wetenschapper Taguchi werd ontdekt. Deze sensoren worden dan ook "TGS" genoemd, letterwoord voor "Taguchi Gas Sensor". Als men een laagje metaaloxyde met N-materiaal doteert en dit laagje tot 100 à 300 °C verwarmt, dan stelt men vast dat de weerstand van de laag afhankelijk wordt van de samenstelling van de lucht. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt doordat het hete laagje zuurstof kan absorberen uit de omringende lucht. De mate van absorbtie wordt echter verstoord als er in de lucht verontreinigde gassen aanwezig zijn. Dit verschijnsel wordt het "NPC-effect" genoemd, afkorting van "Negative Pollution Coëfficiënt". Hoe meer verontreiniging in de lucht, hoe lager de weerstand van het laagje wordt. De weerstandsvariatie tussen zuivere lucht en verontreinigde lucht kan een factor 20 bedragen. Afhankelijk van het soort oxyde, de mate van dotering en de werktemperatuur kan men Taguchi-sensoren maken die het gevoeligst zijn voor een specifiek gas. Er zijn sensoren in de handel voor koolstofmonoxyde, ozon, alcohol, methaan, buthaan, etc. Vanwege de grote absorbtiecapaciteit van de sensor is deze ook zeer gevoelig voor gassen, die men niet wil meten. Een van de grote boosdoeners is waterdamp en men moet dan ook speciale maatregelen treffen om de in koude toestand geabsorbeerde watermoleculen te verwijderen. Een van de voor de hand liggende oplossingen is de sensor continu, dus dag en nacht, met de voedingsspanning verbonden te houden.

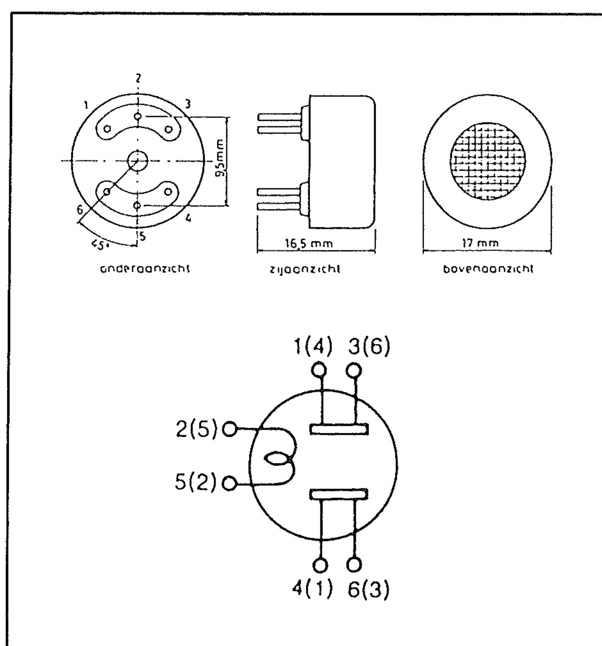
De meest eenvoudige Taguchi-sensor, die ook in deze nabouwschakeling wordt toegepast, is getekend in figuur 4/14.50-3.

De sensor is opgebouwd rond een verwarmingselement met een nikkelchroom gloeidraad. Rond dit element zit een ceramisch buisje, waarop de gevoelige laag is opgedampt. Beide uiteinden van deze laag worden met vier elektroden verbonden met de pennen van de behuizing. Vier elektroden, omdat dit een mechanisch steviger constructie waarborgt. Het eigenlijke sensorelement is opgehangen in een cylindervormige behuizing, die aan de boven- en onderzijde open is. Op deze manier wordt gegarandeerd dat de te meten lucht vrij rond de sensor kan stromen. Vaak is in de behuizing een laagje actieve koolstof aangebracht, die de sensor minder gevoelig maakt voor stikstofverbindingen zoals NO en NO_2. Dit zijn namelijk onschadelijke gassen, waarvan het niet de bedoeling is de concentratie te meten.

14.50 Universeel gasalarm



Figuur 4/14.50-3: De samenstelling van een Tagushi-sensor met enkele gloeidraad.



Figuur 4/14.50-4: De aansluitgegevens van de in deze nabouwschakeling toe te passen sensoren.

De meeste Taguchi-sensoren met enkele gloeidraad hebben zes aansluitpennetjes, waarvan twee bedoeld zijn voor het voeden van de gloeidraad en de vier overige paarsgewijs met de uiteinden van de sensor verbonden zijn. De aansluitgegevens zijn voorgesteld in figuur 4/14.50-4.

Typen en gassen

Zoals reeds geschreven, worden er diverse sensoren gemaakt voor diverse soorten gassen. In deze schakeling kunnen de populaire Tagushi-sensoren van Figaro worden toegepast. Dergelijke sensoren worden gekenmerkt door de typecodering TGSxxx, waarbij xxx staat voor een typenummer. De sensoren onderscheiden zich van elkaar in hun specifieke gevoeligheden voor verschillende soorten gas. Alle sensoren van de TGS-reeks met enkele gloeidraad hebben een identieke behuizing en identieke aansluitgegevens.

- TGS800
  De TGS800 is universeel inzetbaar voor het meten van waterstof, koolstofmonoxyde, methaan, ethanol en isobuthaan.
- TGS812
  De TGS812 is een goedkope Taguchisensor die ontwikkeld is voor algemene toepassingen in niet-professionele apparatuur. De sensor is gevoelig voor zowat alle gassen, onder andere methaan, koolstofmonoxyde, isobuthaan, waterstof en ethanol. De sensor wordt bijvoorbeeld toegepast in alcoholtesters, brandalarmen en aan boord van schepen.
- TGS813
  Ook de TGS813 is een goedkope Taguchi-sensor met enkele gloeidraad, die echter geoptimaliseerd werd voor het meten van de concentratie koolstofmonoxyde in de lucht. Maar daarnaast is

14.50 Universeel gasalarm

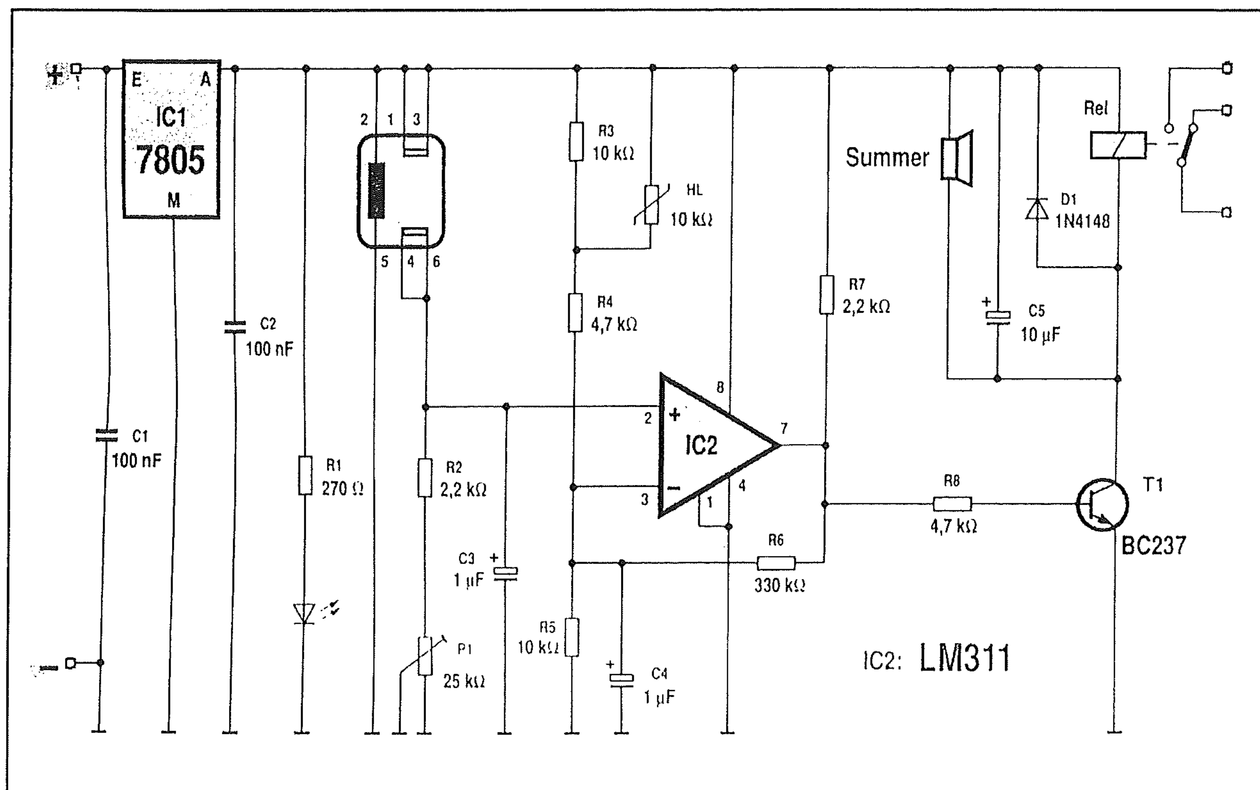
deze sensor ook gevoelig voor andere gassen zoals methaan en prophaan. Dit is dé sensor als men de schakeling wil inzetten als gasdetector.

- TGS815
  De TGS815 heeft vergelijkbare eigenschappen als de TGS812. De gevoeligheid is echter geoptimaliseerd voor de detectie van brandbare gassen zoals methaan, prophaan en buthaan.
- TGS816
  De TGS816 is een Taguchi-sensor met vergelijkbare eigenschappen als de TGS812. De gevoeligheid is echter geoptimaliseerd voor de detectie van brandbare gassen zoals prophaan, methaan en buthaan. De gevoeligheid voor koolstofmonoxyde is geminimaliseerd.
- TGS822
  Deze sensor is speciaal ontwikkeld voor gebruik in rookdetectoren en wordt dan ook aanbevolen als men de schakeling wil gebruiken als onderdeel van een brandalarm.

Opmerking
De in dit hoofdstuk beschreven schakeling is niet in staat *kwantatitieve* metingen te verrichten.
Met andere woorden, men kan geen absolute concentraties meten. De schakeling is wél in staat een *kwalitatieve* uitspraak te doen over de kwaliteit van de omgevingslucht. Als de concentratie van de te detecteren gassen boven een bepaalde drempel komt, zal de schakeling reageren door de ingebouwde zoemer te sturen. Deze drempel is in te stellen met een instelpotentiometer.

Het praktisch schema
Het volledig schema van de gasdetector is getekend in figuur 4/14.50-7. De gloeidraden van de Tagushi-sensoren van Figaro moeten gevoed worden met een spanning van 5 V. Vandaar dat de schakeling een 7805 bevat, die de aangeboden voedingsspanning reduceert tot deze waarde. De sensor trekt een gloeistroom van ongeveer 125 mA. Over de stabilisator valt een volt of drie. Het product van spanning maal stroom is vermogen en dit vermogen is zo groot, dat de stabilisator gekoeld moet worden met een rechtop staand koelplaatje.
Een LED, in serie geschakeld met de voorschakelweerstand R1, geeft aan dat de schakeling onder spanning staat. De gloeidraad (pennen 2 en 5 van de sensor) is rechtstreeks verbonden met de gestabiliseerde spanning. Het eigenlijke sensorelement is, in serie met de weerstand R2 en de instelpotentiometer P1, geschakeld tussen de +5 V en de massa. Op het knooppunt van het element en de weerstand ontstaat dus een gelijkspanning, waarvan de waarde afhankelijk is van de soortelijke weerstand van het sensor-element. De spanning op dit knooppunt wordt in de comparator IC2 vergeleken met een instelbare drempelspanning. Deze wordt gegenereerd door de spanningsdeler R3, R4 en R5. Over de weerstand R3 is een temperatuursafhankelijke NTC-weerstand HL geschakeld. Deze verzorgt de noodzakelijke temperatuurscompensatie van de gehele schakeling.
De schakeling bevat een aantal onderdelen om de werking van de comparator te stabiliseren. Op de eerste plaats de terugkoppelweerstand R6, die een geringe mate van hysteresis in de werking van de comparator invoert. Het voordeel van deze hysteresis is dat kleine variaties op de spanning die door de sensor-kring geleverd wordt niet tot gevolg hebben dat het relais gaat klapperen.

14.50 Universeel gasalarm



Figuur 4/14.50-5: Het volledig schema van het gasalarm.

Op de tweede plaats worden de spanningen op de twee ingangen van de comparator ontkoppeld door vrij grote condensatoren C3 en C4. Deze vormen, samen met de weerstanden van de kringen, integratoren die brom en andere snelle maar ongewenste verschijnselen resoluut de kop indrukken.

De uitgangskring is dubbel uitgevoerd. De transistor T1 kan óf de zoemer óf het relais aansturen.

De bouw van de schakeling

Het gasalarm kan opgebouwd worden op de print die als figuur 4/14.50-6 op de transparante printpagina is weergegeven. De twee grote ronde gaatjes zijn bedoeld voor de montage van de zoemer. Of men deze gaatjes moet boren hangt uiteraard af van de uitvoering van de zoemer. Er zijn zoemers die met een flensje op de printplaat bevestigd moeten worden, maar er zijn ook kleine, ronde zoemers in de handel die deze bevestigingsmogelijkheid niet bezitten.

De componentenopstelling voor de print is getekend in figuur 4/14.50-7. De bouw zal geen problemen opleveren. De stabilisator IC1 wordt eerst op het koelplaatje geschroefd en nadien loodrecht op de print gesoldeerd.

Het relais en de zoemer zitten elkaar schijnbaar in de weg. Schijnbaar, omdat men in de praktijk óf de zoemer óf het relais moet insolderen, maar niet beide onderdelen.

14.50 Universeel gasalarm

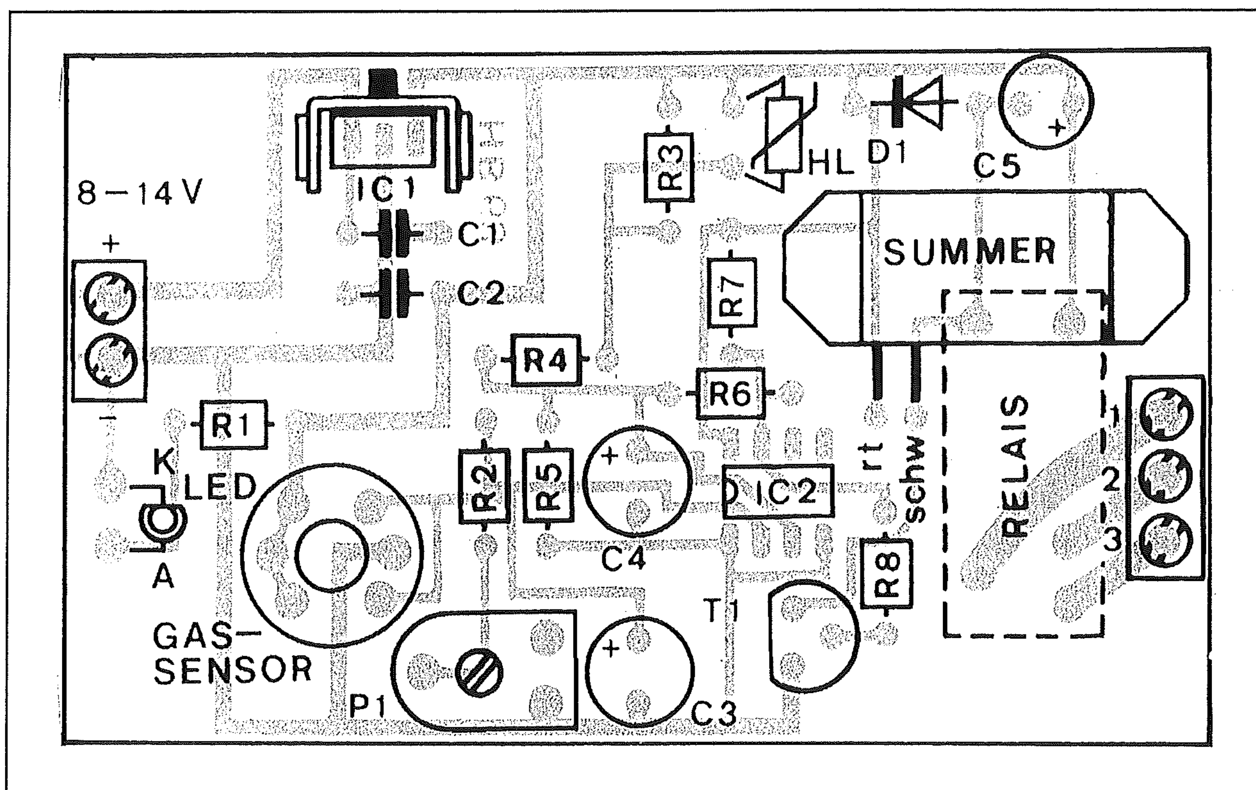
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	270 Ω	
R2,R7	2,2 kΩ	
R3,R5	10 kΩ	
R4,R8	4,7 kΩ	
R6	330 kΩ	
INSTELPOTENTIOMETER, PT10 LV, LIGGEND		
P1	25 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1,C2	100 nF	MKH
C3,C4	1 µF	16 V printelco
C5	10 µF	16 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1	1N4148	
D2	LED, 5 mm, rood	
T1	BC237	
IC1	7805	
IC2	LM311	
DIVERSEN		
1	NTC-weerstand K164, 10 kΩ	
1	zoemer, 5 V	
1	relais, 5 V, 1 x OM	
1	IC-voetje, 8-pens	
1	koelplaatje voor TO-220	
1	gassensor, zie tekst	
1	printkroonsteentje, 2-voudig	
1	printkroonsteentje, 3-voudig	

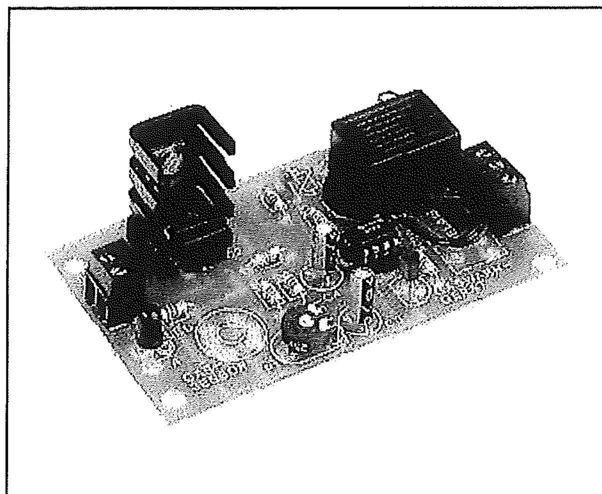
De foto van figuur 4/14.50-8 geeft een impressie van de monteerde print, echter nog zonder de gassensor. Het is maar helemaal afhankelijk van de toepassing of men deze rechtstreeks op de print aanbrengt of monteert op een van de wanden van de behuizing, waarin men de print onderbrengt. Voorwaarde voor een feilloze werking van de schakeling is natuurlijk dat de omgevingslucht onbelemmerde toegang heeft tot de sensor.
Men kan dus de sensor niet op de print solderen en het geheel in een luchtdicht kastje inbouwen! Vandaar dat het in de meeste gevallen veel handiger en beter is de sensor op het kastje te monteren en het onderdeel met zes draadjes met de print te verbinden.

Belangrijke opmerking
Een nieuwe, ongebruikte Taguchi-sensor is verzadigd met allerlei gassen, waarvan waterdamp wel de voornaamste is. Alvorens men een dergelijke nieuwe sensor kan gebruiken moet deze "ingebrand" worden.

14.50 Universeel gasalarm



Figuur 4/14.50-7: De componentenopstelling van het gasalarm.



Figuur 4/14.50-8: De compleet gemonteerde print, echter zonder de gassensor.

Dat betekent dat men de gloeidraden van de kale sensor drie dagen op de bedrijfsspanning moet aansluiten, waardoor alle gassen verdampen en de sensor klaar is voor gebruik. Hetzelfde verhaal is van toepassing als men een sensor lang niet gebruikt heeft. Ook dat wordt het ceramisch materiaal verzadigd met allerlei gassen en moet men de sensor weer inbranden.

De schakeling testen

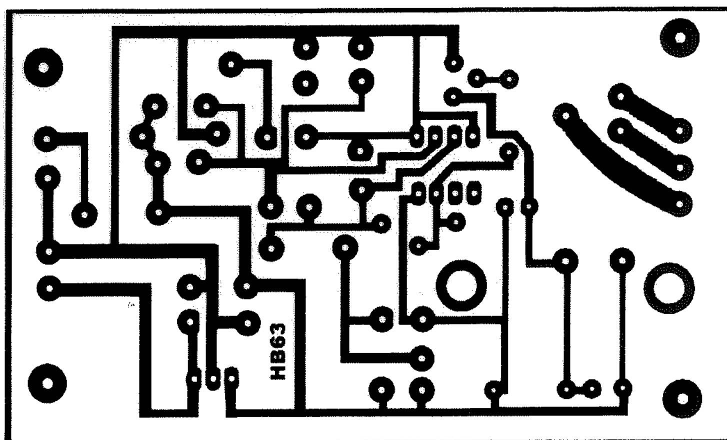
Nadat men de print grondig gecontroleerd heeft kan het geheel op een voeding aangesloten worden. Men kan hiervoor een netstekervoeding gebruiken, die een spanning tussen +8 V en +10 V aflevert. De schakeling verbruikt ongeveer 200 mA stroom, waarvan het grootste deel op rekening van de gloeidraad van de sensor komt. Men moet nu de schakeling laten uitstabiliseren, de gloeidraad van de sensor moet immers opwarmen en het element van de sensor moet zijn bedrijfstemperatuur van ongeveer 250 °C bereiken. Men kan het best de schakeling een half

uurtje met rust laten. Nadien kan men de instelpotentiometer afregelen. Men meet de spanning op de inverterende ingang van de comparator (pen 3), deze zal ongeveer +2,5 V bedragen. Men verplaatst de meetstift naar pen 2 en regelt de instelpotentiometer P1 af tot de spanning op de niet-inverterende ingang ongeveer 100 mV lager is dan de spanning op de inverterende ingang. De schakeling is nu klaar voor gebruik.

Bouwpakket informatie
Als extra service aan de nabouwers van deze door het "Conrad Technologie Centrum CTC" ontwikkelde schakeling kan nog vermeld worden dat dit "gasalarm" leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling en levering van dit bouwpakket, inclusief de print, wordt verzorgd door de firma Conrad Electronic,
Postbus 12, 7500 AA Enschede,
telefoon 0800-099.66.00.
Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 19-77-85-55.
Het basis-pakket wordt geleverd ***zonder*** sensor. Een sensor voor methaan, propaan en butaan (gasalarm) wordt geleverd onder bestelnummer 18-34-74-55. Een sensor voor alcohol en koolstofmonoxyde (rookalarm) wordt geleverd onder bestelnummer 18-34-66-55.
Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en levertijden.

14.50 Universeel gasalarm

14.50 Universeel gasalarm



Figuur 4/14.50-6: De print voor de schakeling.

4/14.51

Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

Inleiding

Een lamp die automatisch aangaat als er een menselijk lichaam in de buurt van een sensor komt heeft tal van praktische toepassingen. Te denken valt aan een automatisch werkende verlichting bij de voordeur van een woning of een volautomatische trappenhuisverlichting. Ook ouders met kinderen die voortdurend vergeten het licht in de WC uit te schakelen kunnen de in dit hoofdstuk beschreven schakeling nuttig gebruiken!

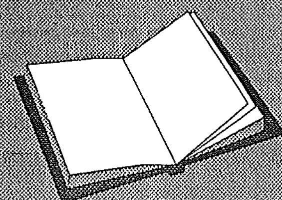
De schakeling werkt met een passieve infra-rode sensor die geactiveerd wordt door de kleine hoeveelheid infrarode straling die het 37 °C warme menselijke lichaam voortdurend uitstraalt.

Tot voor kort was het zo goed als onmogelijk dergelijke schakelingen zélf te bouwen omdat er nogal wat optisch knutselwerk aan te pas komt. Nu Siemens een kant en klaar module aanbiedt, dat een volledige passieve infrarode sensor bevat met optiek en alle benodigde ingangsschakelingen, wordt het zélf bouwen van zo'n apparaatje een fluitje van een cent!

Pyro-elektrisch effect

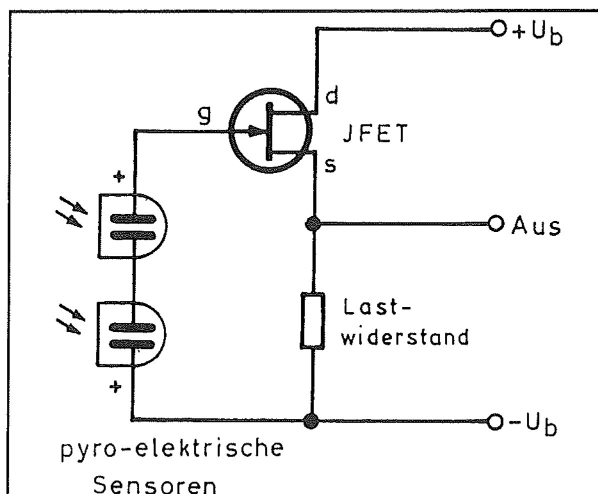
Passieve infrarode sensoren werken volgens het pyro-elektrisch effect. Bij bepaalde niet geleidende diëlektrische materialen zoals lithiumtantalaat of polymere kunststoffen kan men een verandering in het dipoolmoment van het kristal of de polymeer opwekken in functie van de temperatuur van het materiaal. Als men zo'n stof opwarmt tot boven een bepaalde temperatuur, er tijdens het afkoelen een groot elektrische veld over aanbrengt en dit veld nadien verwijdert zal de stof temperatuurgevoelige elektrische eigenschappen gaan vertonen. De oppervlaktelading van een plaatje of folie, gemaakt van de stof, wordt afhankelijk van de temperatuur. Deze variërende lading kan door middel van over het plaatje of de folie aangebrachte elektroden omgezet worden in een kleine spanning. Er wordt immers een kleine condensator gevormd, waarvan de waarde niet alleen afhankelijk is van de dikte van het plaatje, maar ook van de oppervlakte van de elektroden en de elektrische eigenschappen van de stof. Het is mogelijk zeer dunne pyro-elektrische folies te maken, dikten van minder dan 10 µm zijn constructief geen probleem. Door deze geringe dikte zijn de

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.5
Hoofdstuk 4/14.6
Hoofdstuk 6/7.10

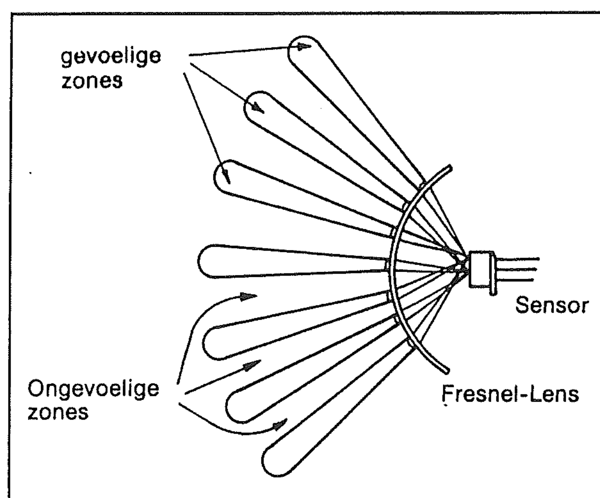


14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

folies zeer gevoelig, zodat reeds een temperatuursverhoging van minder dan een honderdste °C een detecteerbare spanning opwekt!
Alle warme lichamen, dus ook het menselijke lichaam, stralen infrarode warmtegolven uit. Als deze op het oppervlak van een pyro-elektrisch plaatje gefocusseerd worden zullen deze een uiterst kleine verhoging van de temperatuur van het plaatje tot gevolg hebben, die een meetbare en verwerkbare spanningsdeviatie tot gevolg heeft. Op deze manier heeft men een zeer gevoelige detector gemaakt die reageert op minimale temperatuurswijzingen in een ruimte. De detector is echter niet in staat onderscheid te maken tussen een algemene temperatuurstijging in een ruimte en de stijging die het gevolg is van de aanwezigheid van een menselijk lichaam in de ruimte. Dit probleem wordt opgelost door twee identieke sensoren in serie te schakelen, echter zo verbonden dat de pyro-spanningen elkaar tegenwerken. Het basisschema van zo'n gecompenseerde detector is getekend in figuur 4/14.51-1. Een algemene temperatuursverhoging in de ruimte werkt in gelijke mate in op beide sensoren. De twee sensorspanningen stijgen, het resultaat is nul. Men kan echter nog steeds geen personen detecteren! De straling van de persoon werkt immers ook in op beide sensoren. Door nu voor de sensoren een fresnellens, een soort gesegmenteerde lens, op te nemen (zie figuur 4/14.51-2), wordt de sensor gevoelig voor warmtebronnen die zich door de ruimte ***verplaatsen.***
Een fresnel-lens heeft niet één brandpunt zoals een normale lens, maar even veel brandpunten als er segmenten in de lens aanwezig zijn. Ieder deel van de lens focusseert het stralingsveld van een deel van de ruimte op een van de twee sensoren.



Figuur 4/14.51-1: Het basisprincipe van een gecompenseerde pyro-elektrische detector.



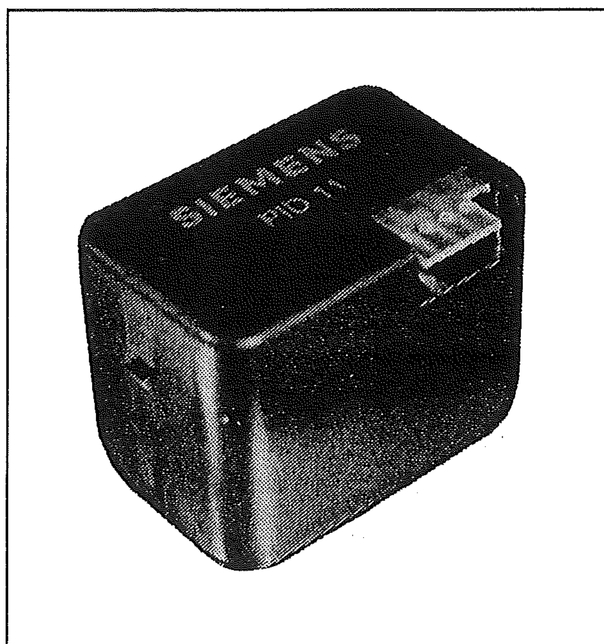
Figuur 4/14.51-2: Het verdelen van de ruimte in ongevoelige en gevoelige zônes.

De ruimte wordt ingedeeld in een groot aantal zônes, die afwisselend hun straling op de ene of de andere sensor focusseren. Als een warm voorwerp in rust in de ruimte aanwezig is zal de infrarode straling van dit voorwerp door een groot aantal lenssegmenten op beide sensoren gericht worden. Beide sensoren warmen even veel op, de verschilspanning blijft nul.

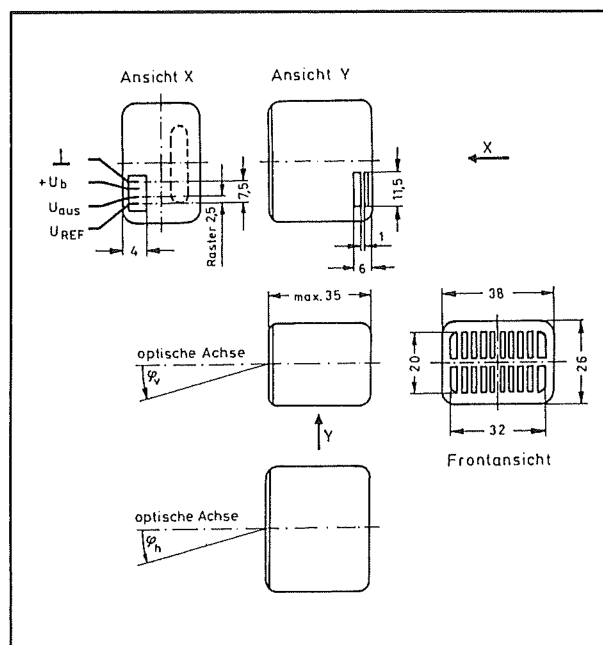
14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

Als het voorwerp echter beweegt zal er een modulatie van de door beide sensoren opgevangen hoeveelheid infra-rode energie plaats vinden. De ene sensor zal opwarmen, de andere afkoelen. Even later zal de ene afkoelen en de andere opwarmen. De verschilspanning zal nu een zeer laagfrequent wisselspanningssignaal zijn dat gebruikt kan worden voor het triggeren van een op de sensor aangesloten elektronische schakeling.

gecompenseerde sensor volgens het schema van figuur 4/14.51-1, maar ook de optiek die nodig is om bewegende stralingsbronnen te kunnen detecteren. Het uiterlijk van deze module wordt voorgesteld in figuur 4/14.51-3, de fysische dimensies volgen uit figuur 4/14.51-4.
Een bijzonderheid is dat de behuizing gemaakt is uit elektrisch geleidende kunststof die met de massa verbonden is.



Figuur 4/14.51-3: De PID-11 sensor van Siemens.



Figuur 4/14.51-4: De afmetingen en aansluitgegevens van de PID-11.

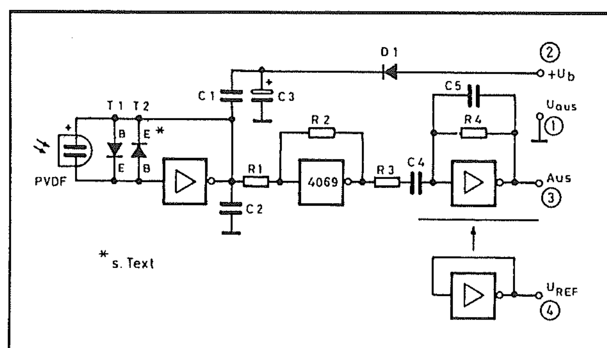
De PID-11 van Siemens

Infrarode sensoren volgens het schema van figuur 4/14.51-1 worden door diverse fabrikanten op de markt gebracht. Probleem bij de toepassing van dit soort onderdelen bij zelfbouwprojecten is dat het zo goed als onmogelijk is zélf een fresnellens te construeren. Door Siemens wordt echter een module op de markt gebracht met als code PID-11.
Dit module, een zwart blokje van ongeveer 4 bij 3 bij 3,5 cm, bevat niet alleen een

De ingewanden van het blokje zijn dus afgeschermd tegen elektrostatische en elektrodynamische invloeden, een belangrijke eigenschap die in niet geringe mate bijdraagt aan de storingsongevoelige werking van de module.
Een ander groot voordeel is dat in de module een kleine elektronische schakeling in SMD-technologie is aangebracht, die de kleine uitgangsspanning van de eigenlijke pyro-elektrische sensor versterkt tot een goed verwerkbare waarde.

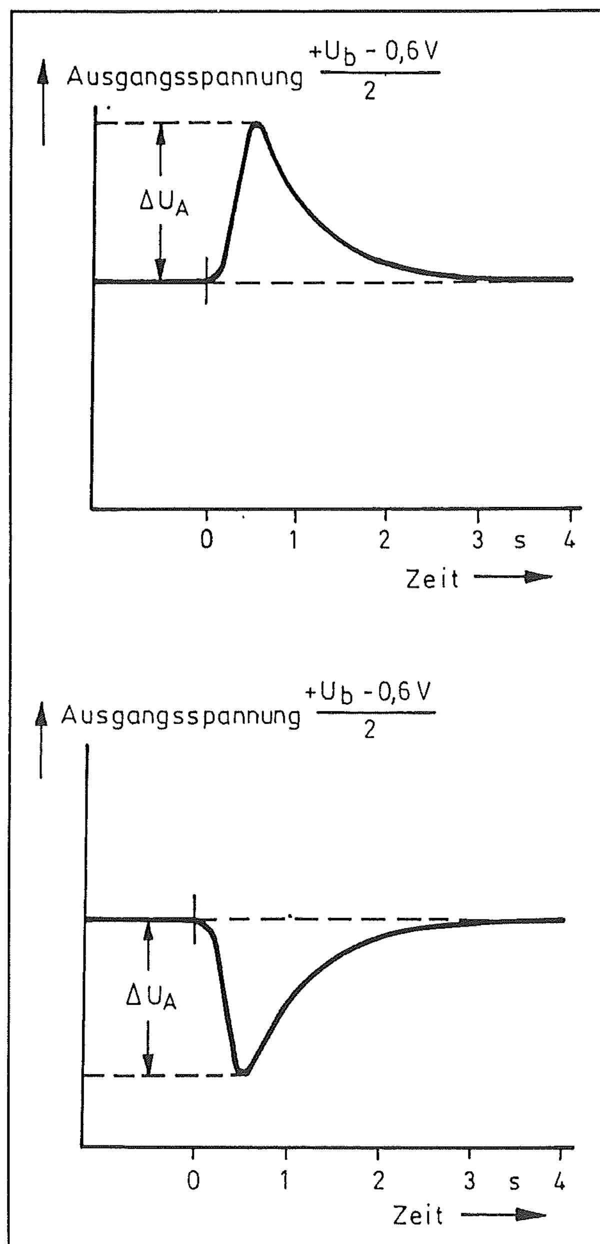
14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

Het blokschema van deze interne schakeling is getekend in figuur 4/14.51-5.
De gecompenseerde sensor, voorgesteld door de condensator PVDF, wordt afgesloten met een buffer. Nadien volgt een tweetraps voorversterker met filterwerking. Deze versterker levert een mooie uitgangspuls, waarvan de grootte en het verloop getekend is in de grafieken van figuur 4/14.51-6.



Figuur 4/14.51-5: Het schema van de interne elektronica in de PID-11.

Bij het detecteren van een bewegend lichaam dat warmer is dan de omgeving levert de versterker een positieve uitgangspuls af, bij het in de ruimte bewegen van een voorwerp dat kouder is dan de omgeving ontstaat een negatieve uitgangspuls. Deze pulsen zijn gesuperponeerd op een instelspanning die ook aanwezig is op pen 4 van de module. Door de spanning op deze referentiepen te vergelijken met de spanning op pen 3, de uitgang, kan men dus op een zeer eenvoudige manier detecteren of de door de module bestreken ruimte wordt doorlopen door een warm of een koud voorwerp. De module moet gevoed worden uit een voedingsspanning van +5 V, die wordt aangesloten tussen de pennen 1 en 2. Pen 1 is verbonden met de massa van de interne schakeling en via een hoge weerstand ook met de geleidende behuizing van de module.



Figuur 4/14.51-6: De uitgangssignalen van de PID-11, boven als een warm voorwerp wordt gedetecteerd, onder als een koud voorwerp wordt waargenomen.

De PID-20

Inmiddels heeft Siemens een opvolger van de PID-11 op de markt gebracht met als code PID-20. Wie het data-sheet van deze sensor vergelijkt met deze van de

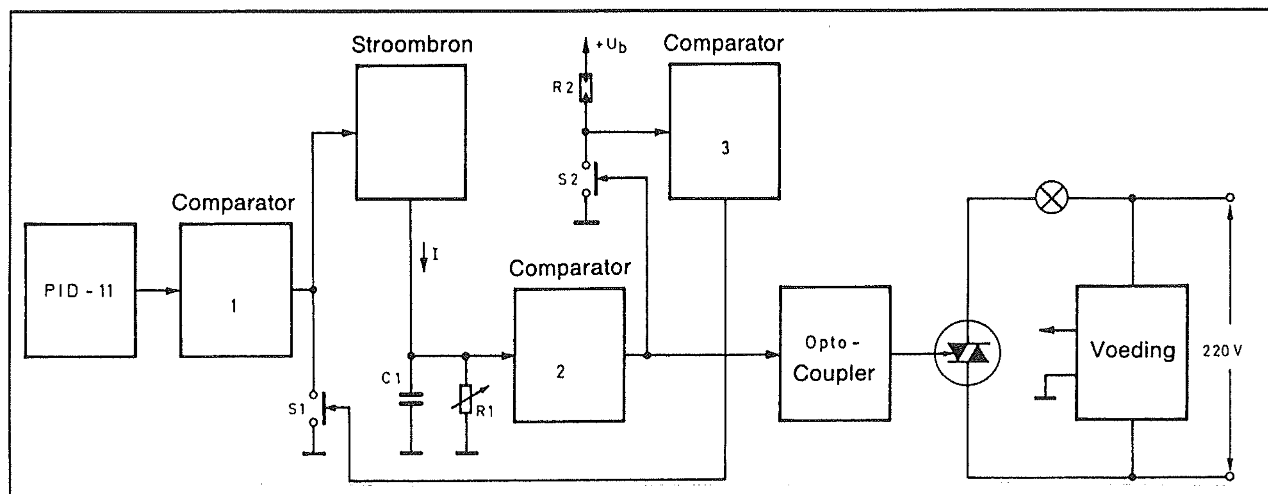
14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

PID-11, stelt vast dat er nauwelijks verschillen zijn waar te nemen. Wie de PID-11 niet meer vindt, kan zonder enig probleem de opvolger PID-20 in deze schakeling toepassen.

Het blokschema van de schakeling

Een automatische lichtschakelaar moet niet alleen reageren op de aanwezigheid van een menselijk lichaam in de ruimte, maar moet ook rekening houden met de intensiteit van het omgevingslicht.
Het is uiteraard niet gewenst dat de lamp inschakelt als de zon schijnt! In de meeste soortgelijke schakelingen wordt de intensiteit van het omgevingslicht gemeten met een LDR. Als de lichtsterkte boven een drempelwaarde ligt zakt de weerstand van de LDR tot onder een bepaalde drempel. Deze weerstand wordt gemeten door de LDR op te nemen in een spanningsdeler en de spanning op het knooppunt van deze deler te vergelijken met een instelbare referentiespanning. Als de intensiteit van het omgevingslicht boven de bepaalde drempel ligt levert de comparator een positieve spanning, die de uitgangsspanning van de infrarode detector kortsluit naar de massa en de schakeling deactiveert. Is het echter donker, dan levert de comparator geen signaal af en de uitgangspuls van de detector kan de lamp ontsteken.
Het grote probleem is echter dat op het moment dat de lamp automatisch wordt ingeschakeld de weerstand van de LDR afneemt als ware het midden in de dag en de comparator, die op de LDR is aangesloten, de schakeling weer de-activeert. Het gevolg is dat de lamp hinderlijk gaat knipperen. Men kan dit effect minimaliseren door een tijdconstante in te bouwen. De uitgangspuls van de detector stuurt een monostabiele multivibrator die een puls van bijvoorbeeld 15 seconde genereert. Deze puls wordt gebruikt voor het ontsteken van de lamp. Na 15 s dooft de lamp, de weerstand van de LDR stijgt tot boven de drempel en als er op dat moment nog steeds een persoon in de ruimte aanwezig is levert de detector een nieuwe puls die de monostabiele multivibrator opnieuw triggert en de lamp wordt weer ontstoken. Het hinderlijke geknipper wordt gereduceerd tot het even doven van de lamp om de 15 s. Ook dat is nog steeds geen elegante oplossing!
In de in dit hoofdstuk beschreven schakeling wordt dit probleem opgelost door het inbouwen van een wederzijdse vergrendeling tussen de uitgangspuls van de IR-detector en de uitgangspuls van de LDR-comparator. Kijk maar naar het blokschema dat in figuur 4/14.51-7 wordt voorgesteld. De PID-11 stuurt comparator nummer 1, die de kleine en smalle uitgangspuls van de module omzet in een mooie en grote positieve puls. Als het tamelijk licht is, dan levert de LDR (R2) een grote spanning aan comparator nummer 3. Deze schakeling levert een positieve uitgangsspanning, die elektronische schakelaar S1 sluit. Het uitgangssignaal van comparator nummer 1 wordt kortgesloten naar de massa, de schakeling is gedeactiveerd. Als het donker is levert de LDR een kleine spanning aan comparator nummer 3. Deze schakeling levert geen uitgangssignaal, elektronische schakelaar S1 blijft geopend en de positieve puls van comparator nummer 1 stuurt een stroombron die een grote pulsstroom I door de condensator C1 stuurt. Dit onderdeel wordt opgeladen tot tegen de voedingsspanning. De condensator is afgesloten met comparator nummer 2 en wordt ontladen door een grote instelbare weerstand R1.

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor



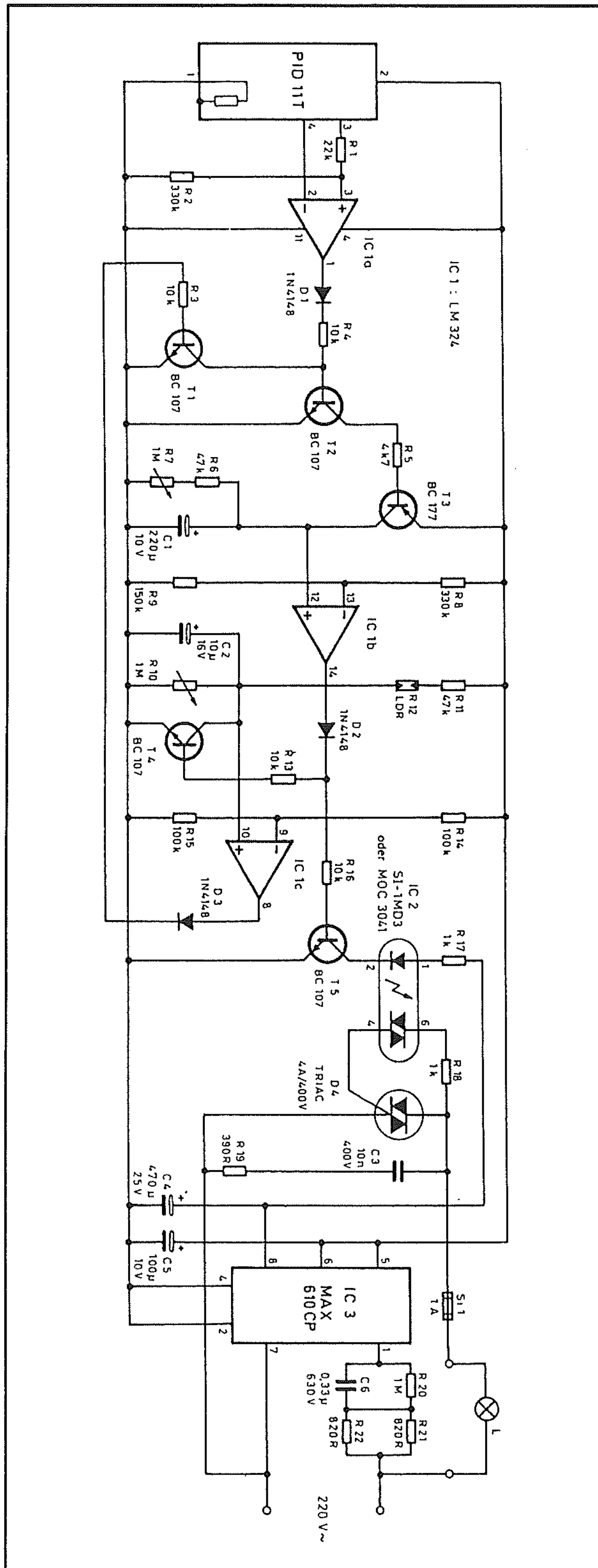
Figuur 4/14.51-7: Het blokschema van de automatisch inschakelende lamp.

Zolang de spanning over de condensator groter is dan een bepaalde door comparator nummer 2 bepaalde drempel zal deze schakeling een positieve uitgangsspanning genereren. Deze spanning stuurt via een optisch koppeling een triac in geleiding en de lamp gaat branden. Op dat moment daalt de weerstand van de LDR. Comparator nummer 3 zou nu dus een positieve spanning gaan opwekken, ware het niet dat de uitgangsspanning van comparator nummer 2 elektronische schakelaar S2 sluit. Dit onderdeel schakelt de LDR uit, zodat comparator nummer 3 geen uitgangssignaal kan genereren. Elektronische schakelaar S1 blijft open en zolang er een persoon zich beweegt in de gevoelige ruimte van de sensor zal de lamp continu zonder te flikkeren blijven branden. Eerst nadat de persoon zich uit de ruimte verwijderd heeft en de lamp na de met R1 ingestelde tijd is gedoofd zal de kortsluiting van S2 opgeheven worden en wordt de LDR weer actief.

Het praktisch schema

In het praktisch schema van figuur 4/14.51-8 worden enige zeer moderne technieken toegepast. Zo valt onmiddellijk op dat er geen voedingstrafo te bekennen is. Dat is geen tekenfout, de voedingsspanning van +5 V voor de IR-sensor en de rest van de schakeling en de spanning van +12 V voor het voeden van de optische koppeling worden rechtstreeks uit de netspanning opgewekt met behulp van een speciaal IC, de MAX610CP van MAXIM. Dit heeft wel tot consequentie dat de volledige elektronica rechtstreeks met het net verbonden is en het dus ***levensgevaarlijk*** kan zijn een willekeurig punt van de schakeling met de hand aan te raken! Hetzelfde geldt voor de kunststof behuizing van de PID-11, die zoals reeds opgemerkt van geleidend kunststof gemaakt is en ook galvanisch met het net verbonden is! Op de tweede plaats wordt een zeer modern systeem gebruikt voor het aansturen van de triac. Er wordt een optische koppeling gebruikt, samengesteld uit een LED en een fotogevoelige triac. Deze triac kan rechtstreeks opgenomen worden tussen de netspanning en de gate van de hoofdtriac D4. Op deze manier wordt het vervelende probleem van het aansturen van de gate van een triac uit een gewone optische koppeling, samengesteld uit een LED en een fototransistor, omzeild.

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor



Figuur 4/14.51-8: Het volledig schema van de schakeling.

De rest van de schakeling is zeer klassiek van opbouw.

Zoals reeds gezegd levert de PID-11 op pen 4 een referentiespanning die gelijk is aan de uitgangsspanning op pen 3 in rust. Beide pennen worden verbonden met IC1a, een operationele versterker uit een LM324. Dit IC bevat vier identieke operationele versterkers, die speciaal ontworpen zijn voor het werken met een unipolaire voedingsspanning van +5 V. In rust zijn de spanningen op de pennen 3 en 4 van de PID-11 aan elkaar gelijk. De spanning op pen 3 wordt echter iets verzwakt door de spanningsdeler R1/R2. De spanning op de niet inverterende ingang van de comparator is dus negatiever dan de spanning op de inverterende ingang. De comparator levert in rust een uitgangsspanning van ongeveer 0 V. Als een persoon door de detectiezône loopt zal de PID-11 een warm lichaam detecteren. Er verschijnt een korte positieve puls op pen 3, zie ook de grafiek van figuur 4/14.51-6. Het gevolg is dat de spanning op de niet-inverterende ingang van de op-amp groter wordt dan de spanning op de inverterende ingang. De uitgang van de comparator gaat naar ongeveer +4 V. Deze puls stuurt via transistor T2 de stroombron T3. Deze transistor wordt volledig in geleiding gestuurd, condensator C1 wordt via een zeer kleine weerstand met de +5 V voeding verbonden en laadt onmiddellijk op tot deze spanning. Een en ander gaat alleen op als transistor T1 niet geleidt. Deze halfgeleider vormt de elektronische schakelaar S1 uit het blokschema die wordt gestuurd door de LDR-comparator.

De spanning over condensator C1 wordt vergeleken met een referentiespanning van ongeveer +3,5 V, die ontstaat op het knooppunt tussen de weerstanden R8 en R9. Na het opladen van de condensator is

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

de spanning op de niet-inverterende ingang van comparator IC1b positiever dan de referentiespanning op de inverterende ingang. De comparator levert een positieve uitgangsspanning op. Deze stuurt via transistor T5 een stroom door de LED van de optische koppeling IC2. De in dit onderdeel aanwezige fotogevoelige triac slaat door en er wordt via R18 een flinke stroompuls in de gate van de tweede triac D4 gepompt.

Dit onderdeel ontsteekt, de lamp La wordt via de triac met het net verbonden en gaat branden.

De positieve uitgangsspanning van comparator IC1b stuurt via weerstand R13 transistor T4 in geleiding. Dit onderdeel vormt de elektronische schakelaar S2 uit het blokschema. De niet-inverterende ingang van comparator IC1c wordt met de massa verbonden en zal dus in ieder geval negatiever zijn dan de inverterende ingang. Deze comparator levert een uitgangssignaal van ongeveer 0 V. Deze spanning is niet in staat transistor T1 uit te sturen.

Ondertussen is de smalle positieve puls van de PID-11 weggevallen en levert IC1a weer een uitgangssignaal van ongeveer 0 V af. De transistoren T2 en T3 sperren en condensator C1 gaat ontladen via de weerstanden R6 en R7. Na een met R7 instelbare tijd is de spanning over de condensator gedaald tot onder de referentiespanning van IC1b. Deze comparator slaat om en de uitgang wordt gelijk aan nul. De sturing voor de LED uit de optische koppeling en voor transistor T4 valt weg, zodat de lamp dooft. Dit uiteraard in de veronderstelling dat de persoon die de schakeling geactiveerd heeft ondertussen vertrokken is.

Zolang er echter iemand in de ruimte aanwezig blijft zullen zelfs de geringste bewegingen van deze persoon de PID-11 activeren. De uitgangspulsen van de detector sturen T3 steeds opnieuw in geleiding, waardoor condensator C1 steeds weer tot +5 V wordt opgeladen. De lamp blijft in dat geval dus continu branden en zal eerst doven nadat de persoon uit de ruimte verdwenen is en nadat condensator C1 tot de drempel van de comparator ontladen is.

De LDR is opgenomen in een spanningsdeler. De spanning op het knooppunt tussen R12 en R10 wordt vergeleken met een referentie op het knooppunt van R14 en R15. Bij voldoende omgevingslicht is de weerstand van de LDR vrij laag en de spanning op de niet-inverterende ingang van IC1c groter dan de spanning op de inverterende ingang. De comparator levert een positieve uitgangsspanning die via diode D3 en weerstand R3 transistor T1 in verzadiging stuurt.

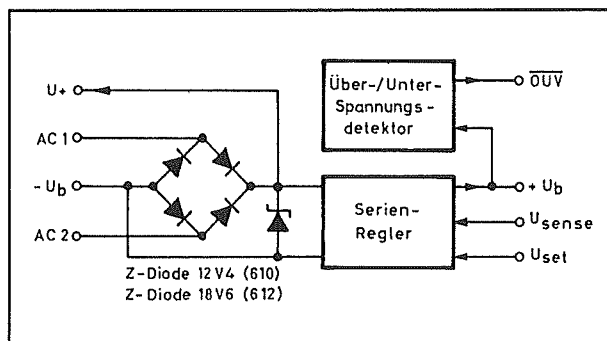
Het uitgangssignaal van de eerste comparator IC1a wordt kortgesloten naar de massa, de transistoren T2 en T3 blijven gesperd en condensator C1 kan niet opladen. Het systeem is gede-activeerd. Door het verdraaien van de loper van R10 kan men de intensiteit van het omgevingslicht instellen waarbij de schakeling wel geactiveerd wordt.

De voeding van de schakeling

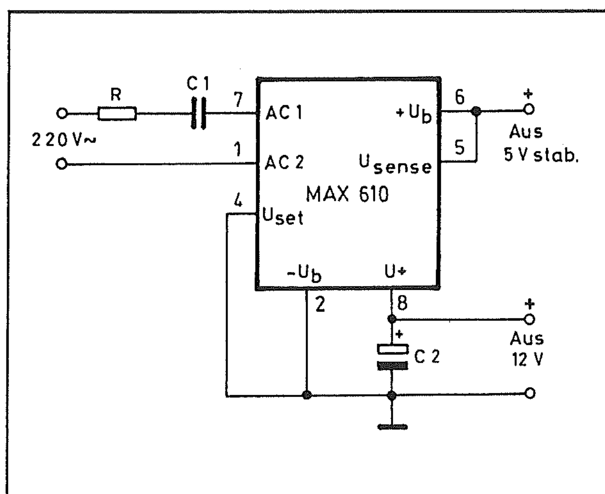
De voeding van de schakeling vereist enige toelichting.

Bij wijze van experiment is niet gekozen voor de traditionele benadering, namelijk voedingstrafo, gelijkrichter, afvlakelco en stabilisator. Er wordt gebruik gemaakt van een speciaal IC van MAXIM, een zogenoemde AC-DC regulator. Het interne blokschema en de basisschakeling van dit IC, de MAX61OCP, is voorgesteld in figuur 4/14.51-9.

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor



Figuur 4/14.51-9: Het intern blokschema van de MAX610CP.



Figuur 4/14.51-10: Het voorgeschreven applicatie-schema rond de MAX610CP.

Tussen de pennen AC1 en AC2 kan de netspanning galvanisch worden aangeboden, echter wel met een weerstand R1 en een condensator C1 in serie. Dit blijkt uit het door de fabrikant voorgeschreven toepassingsschema van figuur 4/14.51-10. Deze componenten moeten respectievelijk de piekstroom en de maximale spanning tot een veilige waarde reduceren. In het IC is op deze pennen een gelijkrichtbrug aangesloten die wordt belast met een zenerdiode van 12,4 V. De aansluitingen van de zener worden weer naar buiten gevoerd op de pennen V+ en V-. Hierop wordt de externe afvlakcondensator aangesloten, waarover een spanning van ongeveer +12 V is terug te vinden.
Na de zener volgt intern in het IC een gewone stabilisator die op de pen 6 een gestabiliseerde spanning van +5 V levert, die met 50 mA belast kan worden. Via de ingang Vsense op pen 5 kan men eventueel de grootte van de gestabiliseerde uitgangsspanning instellen. Wordt prijs gesteld op een spanning van +5 V, dan moet deze pen met de uitgang verbonden worden.
In het praktische schema van figuur 4/14.51-8 wordt de voorgeschreven schakeling letterlijk overgenomen. Over seriecondensator C6, dat overigens een 630 V type moet zijn, wordt echter wel een weerstand R20 opgenomen, die de condensator ontlaadt als de schakeling los wordt gekoppeld van het 230 V net. Zonder deze weerstand zou de condensator zich niet kunnen ontladen, behalve via de hand die toevallig de twee draadjes van het 230 V voedingssnoer aanraakt! De serieweerstand is opgesplitst in twee parallel geschakelde weerstanden van ieder 820 Ω, zodat de warmte verdeeld wordt over een groter oppervlak. De MAX61OCP wordt overigens ook behoorlijk heet en moet gekoeld worden met een speciaal koelplaatje. De ongestabiliseerde gelijkspanning op pen 8 wordt gebruikt voor het voeden van de LED in de optische koppeling, alle overige schakelingen worden uit de gestabiliseerde +5 V van voedingsspanning voorzien.

De bouw van de schakeling

Op de print van figuur 4/14.51-11 op de transparante print-pagina kunnen alle onderdelen gemonteerd worden aan de hand van de componenten-opstelling van figuur 4/14.51-12.

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	22 kΩ
R2,R8	330 kΩ
R3,R4,R13,R16	10 kΩ
R5	4,7 kΩ
R6,R11	47 kΩ
R9	150 kΩ
R14,R15	100 kΩ
R17,R18	1 kΩ
R19	390 Ω
R20	1 MΩ

WEERSTANDEN, 1/2 W, 5 %

R21,R22	820 Ω

INSTELPOTENTIOMETERS, 10 x 5 MM, STAAND

R7,R10	1 MΩ

CONDENSATOREN

C1	220 μF	16 V printelco
C2	10 μF	16 V printelco
C3	10 nF	630 V polyester
C4	470 μF	25 V printelco
C5	100 μF	16 V printelco
C6	470 nF	630 V polyester

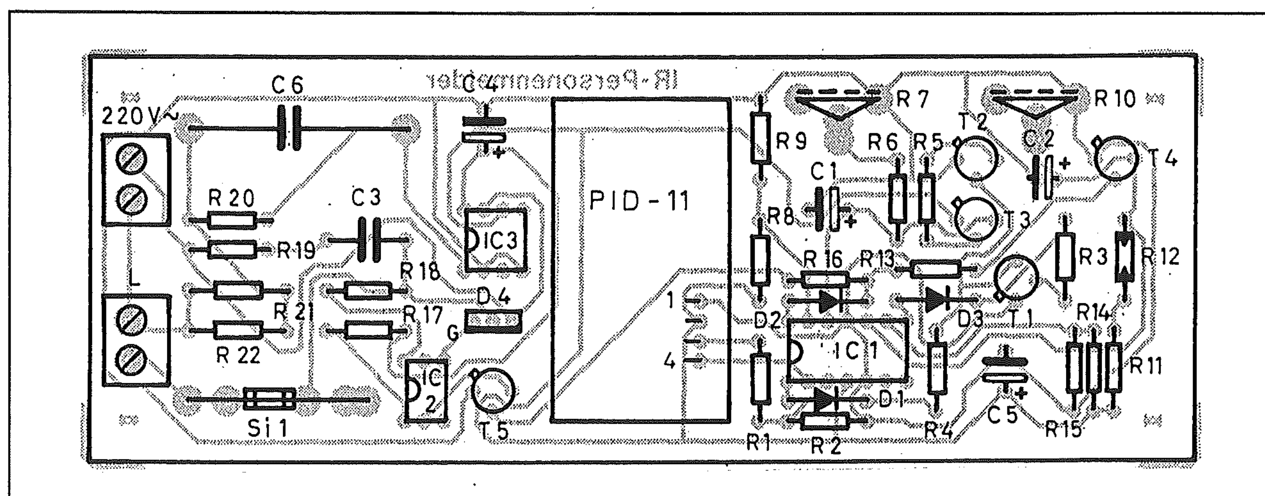
HALFGELEIDERS

D1,D2,D3	1N4148
D4	triac, 400 V, 6 A, TO-220
T1,T2,T4,T5	BC107
T3	BC177
IC1	LM324, 4-voudige op-amp
IC2	MOC3041, opto-koppelaar
IC3	MAX610CP, AC/DC omzetter

DIVERSEN

1	sensor PID-11, Siemens
1	LDR, type 3
1	IC-voetje, 8 pennen
1	IC-voetje, 14 pennen
2	printkroonsteentje, 2-polig
1	zekeringhouder, print
1	zekering, 1 A traag
2	kunststof instelwieltjes voor instelpotentiometer
1	koelprofiel voor DIL-8
2	afstandsbussen, 10 mm

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor



Figuur 4/14.51-12: De componenten-opstelling van de print.

Enige opmerkingen over de bouw:

- De weerstanden R21 en R22 worden vijf millimeter boven het oppervlak van de print gemonteerd, omdat deze onderdelen tamelijk warm worden en de luchtcirculatie op deze manier bevorderd wordt.
- Voor condensatoren C3 en C6 moeten absoluut typen met een doorslagspanning van minimaal 400 V en beter 630 V worden gebruikt.
- IC3, de MAX610, moet voorzien worden van een klein koelplaatje. Dit plaatje moet met één seconde lijm rechtstreeks op het IC gelijmd worden.
- De LDR R12 kan op lange afstandsbusjes gemonteerd worden.
- De twee instelpotentiometers R7 en R10 moeten ***volledig geïsoleerd*** zijn, zodat in feite alleen de bekende Piher ingekapselde uitvoeringen in aanmerking komen. Voorzie deze onderdelen bovendien van de speciale kunststof instelschijfjes, zodat men nooit per ongeluk in aanraking kan komen met metalen onderdelen.
- Aan de vier aansluitstrookjes van de PID-11 worden eerst stevige draadjes gesoldeerd, die nadien door de vier gaatjes van de print worden geduwd tot de onderkant van de behuizing van de module op de print rust.

Het gebruik

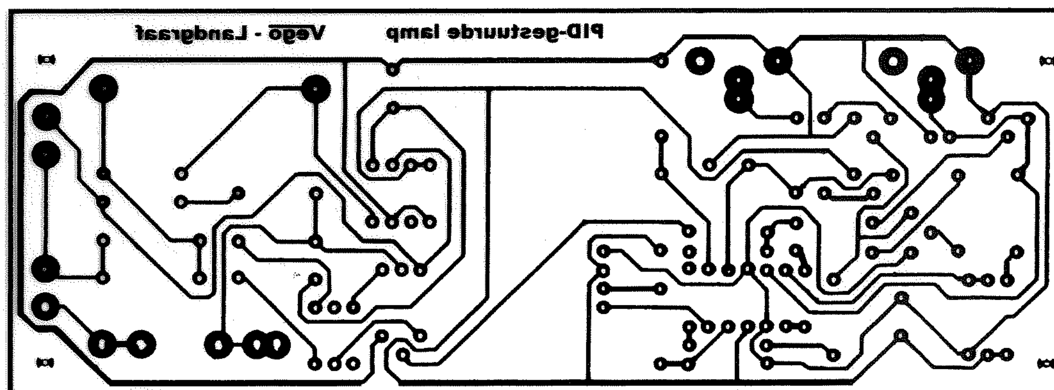
Na de montage van alle onderdelen op de print kan men de lamp en het net met de twee printkroonsteentjes verbinden en moet de schakeling het doen.
Met R7 kan men de brandtijd van de lamp instellen tussen ongeveer tien seconden en een minuut, met R10 kan men de drempel van het omgevingslicht instellen waarbij de schakeling actief wordt.

Belangrijke opmerking

Ten overvloede wordt er op gewezen dat het ontbreken van een nettransformator tot gevolg heeft dat men uiterst voorzichtig moet te werk gaan als men met de schakeling experimenteert. In feite bestaat er maar één veilig systeem: gebruik maken van een 1/1 scheidingstrafo tussen de 230 V van het net en de voedingsingang van de schakeling. Denk er aan dat ook het aansluiten van een oscilloscoop of ieder ander meetinstrument in een metalen behuizing zonder een dergelijke trafo levensgevaarlijk kan zijn!

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor

14.51 Automatisch schakelende lamp met PID-sensor



Figuur 4/14.51-11: De print voor de schakeling.

4/14.52

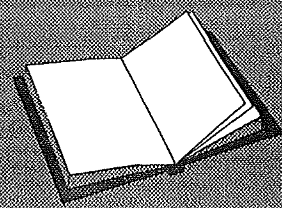
Alarmmelder via het PTT-net

Inleiding
Er zijn veel toepassingen te verzinnen voor een schakeling die in staat is om een vooraf geprogrammeerd telefoonnummer te bellen en door middel van een signaaltje laat weten dat er thuis iets mis is. Een dergelijke schakeling zou men kunnen gebruiken als inbraakalarm of als babyfoon. Dergelijke apparaten zijn uiteraard niet nieuw. Op de meeste inbraakbeveiligingen kan men een kastje aansluiten dat in staat is een eerder ingegeven nummer op te bellen als het alarm afgaat. Als men de hoorn van het opgebelde toestel van de haak neemt hoort men een zoemtoontje zodat men weet dat het inbraakalarm geactiveerd werd.
Dergelijke apparaatjes zijn echter niet goedkoop. Een kastje, dat vier ingeprogrammeerde nummers kan bellen, kost bij "Conrad Electronic" DM 249,00. Kortom, een braakliggend en vruchtbaar terrein voor de actieve zelfbouwer!

Een groot probleem ...
Er blijft echter één groot en in eerste instantie onoverkomelijk probleem. Hoe een schakeling te ontwerpen waarin men een misschien wel uit tien cijfers bestaand telefoonnummer kan opbergen en die dat nummer keurig volgens de PTT-normen omzet in een aantal kiestoontjes op de lijn? Alles is te ontwerpen, dus ook dit. Maar met gewone digitale schakelingen uit de TTL-reeks zou men een tiental IC's nodig hebben en een dubbelzijdige print om alle onderlinge verbindingen onder te brengen. Niet meer leuk voor de gemiddelde doe-het-zelver! Uiteraard bestaan er mooie speciale IC's waar men slechts één toetsenbordje op aan hoeft te sluiten en enige stuursignalen die de schakeling vertellen wat er op een bepaald moment moet gebeuren. Deze IC's moeten zelfs spotgoedkoop zijn, want tenslotte zitten zij in iedere twintig gulden telefoon met nummergeheugen. Het probleem is alleen dat deze IC's niet los op de markt verkrijgbaar zijn en blijkbaar rechtstreeks hun weg vinden van IC-fabrikant naar telefoonbouwer.

... en een simpele oplossing!
Er bestaat dan ook maar één oplossing en dat is zo'n beruchte twintig gulden telefoon niet langer beschouwen als "apparaat" maar als "onderdeel" dat in een scha-

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.3
Hoofdstuk 3/20.4

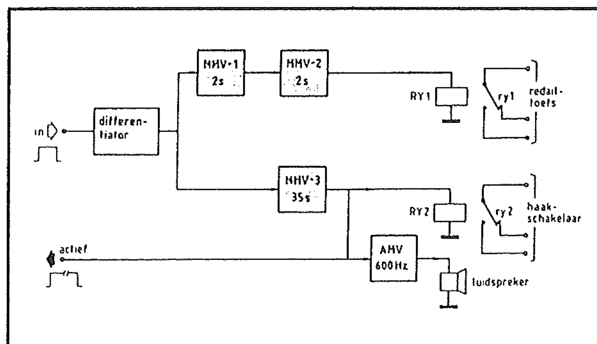


14.52 Alarmmelder via het PTT-net

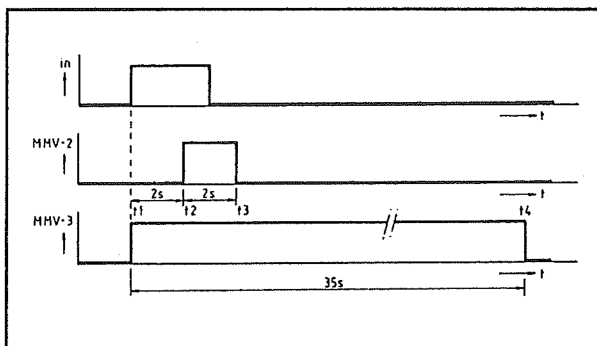
keling kan worden opgenomen en de functie vervult van programmeerbaar nummergeheugen, kiespulsgenerator en verbindingsmaker.
Dat "onderdeel" kan bestuurd worden door de "REDAIL"-toets en de "HAAK"-schakelaar te overbruggen door relaiscontacten en deze relais door middel van een kleine schakeling op de juiste momenten te laten bekrachtigen en weer afvallen.

Het principe van de schakeling

Wie zo'n goedkope telefoon met nummergeheugen openschroeft zal, nadat alle uit de behuizing gevallen toetsjes weer keurig verzameld zijn, vaststellen dat de ingewikkelde "HAAK"-schakelaar van de traditionele PTT-telefoon vervangen is door een enkelvoudige omschakelaar. Deze wordt bediend door een kunststof nokje dat wordt ingedrukt als de hoorn op de haak wordt gelegd. Het is eenvoudig mogelijk de functie van deze omschakelaar over te dragen op de schakelaar van een relais.
In de meeste gevallen zijn de contacten van de druktoetsen op de print geëtst en worden deze gesloten door de van geleidend rubber voorziene toetsjes op de print te drukken. De 12 toetsen (0 tot en met 9, MUTE en REDAIL) zijn opgenomen in een matrix en de horizontale en vertikale lijnen van deze matrix zijn rechtstreeks verbonden met de pennen van een speciaal IC. Vaak is dat de UM9151-3, een volstrekt onbekend IC dat echter behoorlijk ingewikkeld in elkaar moet zitten! De functie van de "REDAIL" toets kan overgenomen worden door twee draadjes te solderen op de IC-pennen waarop de matrix-lijnen zijn aangesloten waartussen de "REDAIL"-schakelaar is opgenomen, deze draadjes te verbinden met een externe schakelaar en deze externe schakelaar eventjes te sluiten.



Figuur 4/14.52-1: Het blokschema van de schakeling.



Figuur 4/14.52-2: Het timing-diagram van de schakeling van figuur 4/14.52-1.

Het blokschema

Met deze wetenschap in het achterhoofd is het tamelijk eenvoudig een blokschema te tekenen van de elektronische schakeling die de geheugentelefoon opdraagt de hoorn van de haak te nemen, een ingeprogrammeerd nummer te draaien, na het tot stand komen van de verbinding een attentietoontje op de lijn te zetten en nadien de verbinding weer te verbreken. Dit schema is getekend in figuur 4/14.52-1. De werking wordt toegelicht aan de hand van de timing-diagrammen van figuur 4/14.52-2.

14.52 Alarmmelder via het PTT-net

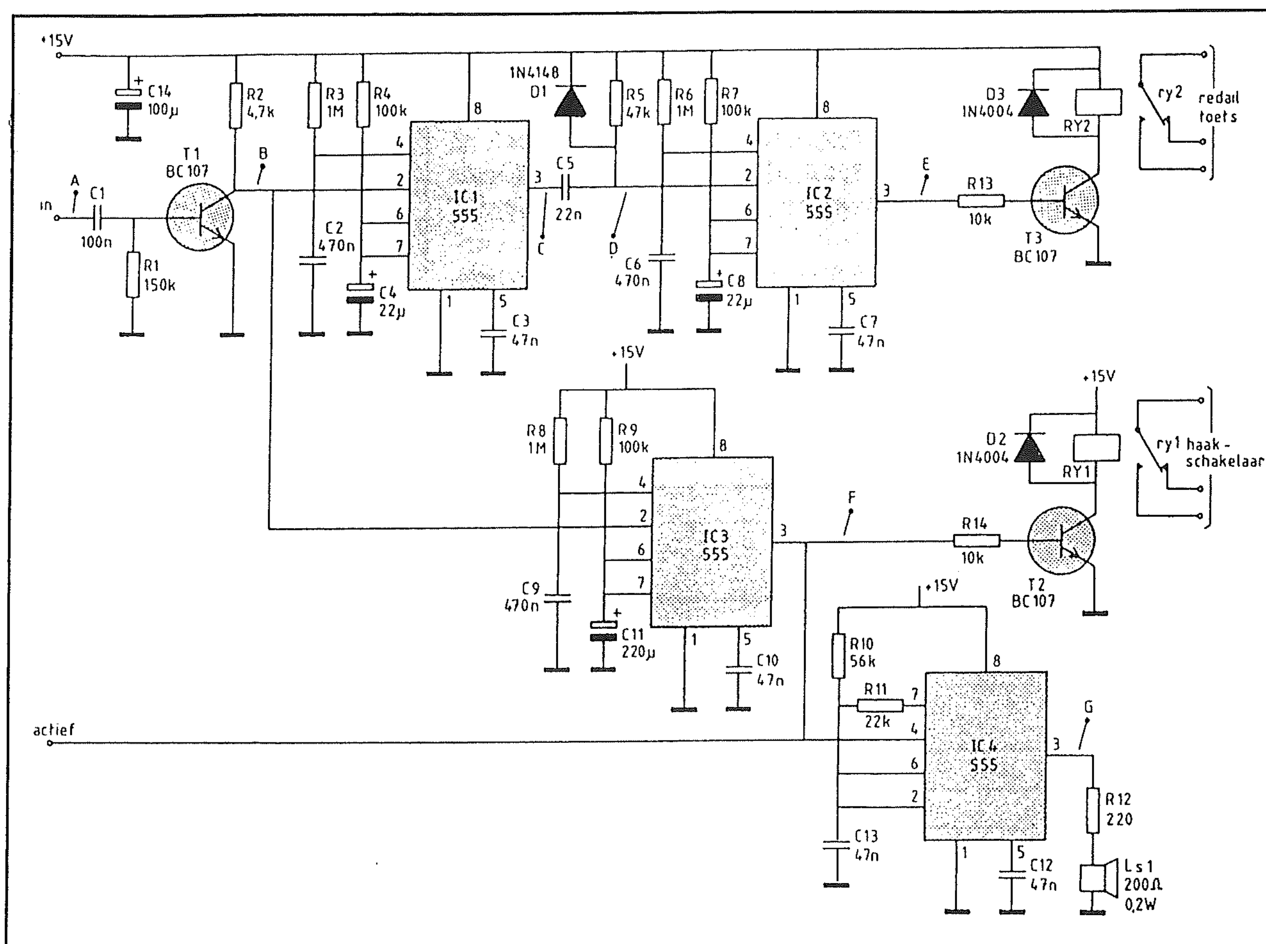
De schakeling wordt getriggerd door een positieve stuurpuls die wordt gegenereerd door een specifieke schakeling. Dat zou bijvoorbeeld de schakelcentrale van een inbraakalarm kunnen zijn, maar ook de uitgang van een microfoonversterker die detecteert of een slapende baby al dan niet begint te huilen. Het enige dat van deze schakeling verwacht wordt is dat er een mooie, eenmalige positieve puls uitkomt op het moment dat het telefonisch alarm geactiveerd moet worden. Deze puls wordt door middel van een differentiator omgezet in een zeer smalle naaldpuls, die twee monostabiele multivibratoren triggert.
De ene, MMV-3, wekt een puls op met een breedte van ongeveer 35 seconde en deze uitgangspuls wordt gebruikt voor het bekrachtigen van het relais dat de functie van de "HAAK"-schakelaar van de telefoon overneemt. Onmiddellijk na het ontvangen van de positieve stuurpuls neemt relais 2 "de hoorn van de haak", zodat een verbinding bij de PTT centrale wordt aangevraagd. De uitgang van deze monostabiele multivibrator stuurt een astabiele multivibrator, die een signaal met een frequentie van ongeveer 600 Hz gaat genereren. Dit signaal wordt aangeboden aan een klein luidsprekertje, dat ergens in de buurt van de telefoonmicrofoon is opgesteld. Tot slot stuurt MMV-3 een uitgangssignaal ACTIEF, dat aan de schakeling die de alarmpuls levert te kennen geeft dat het systeem geactiveerd is. Zo'n uitgangspuls kan bij sommige toepassingen nuttig zijn om bijvoorbeeld een flip-flop te resetten, zodat de stuurschakeling niet om de zoveel minuten een stuurpuls opwekt waardoor het systeem voortdurend het te alarmeren nummer zou opbellen.
De tweede uit de differentiator gestuurde monostabiele multivibrator MMV-1 wekt een uitgangspuls op met een breedte van ongeveer 2 seconde. Deze puls stuurt op zijn achterflank een derde monostabiele multi MMV-2. Ook deze wekt een puls op met een breedte van ongeveer 2 seconde. Deze puls activeert het tweede relais. De contacten van dit relais worden gebruikt om de "REDAIL"-toets van de telefoon te overbruggen.
De functie van het geheel kan in enige regels worden samengevat.

- Nummer invoeren
  Alvorens men het systeem op de telefoon aansluit wordt eerst met deze telefoon het nummer gedraaid waarop men bereikbaar zal zijn.
- Installeren
  Nadien wordt het geheel geïnstalleerd.
- Alarm melden
  Ontvangt de schakeling een alarmpuls, dan zal relais 2 de hoorn van de haak nemen. De centrale krijgt nu 2 seconde de tijd om een vrije lijn te zoeken. Nadien wordt relais 1 even geactiveerd waardoor de telefoon het laatst gedraaide nummer gaat herhalen. De telefoon waarmee men bereikbaar is gaat rinkelen.
- Opnemen van de hoorn
  Na opnemen van de hoorn hoort men het 600 Hz toontje dat door de luidspreker wordt uitgezonden en dat door de microfoon van de telefoon thuis wordt opgepikt.
- Verbinding verbreken
  Na 33 seconde valt relais 2 af waardoor de verbinding wordt verbroken.

Het praktisch schema

De schakeling bevat drie monostabiele multivibratoren en een astabiele multivibrator. Nu kunnen beide schakelingen met hetzelfde IC, namelijk de 555 timer, samengesteld worden.

14.52 Alarmmelder via het PTT-net

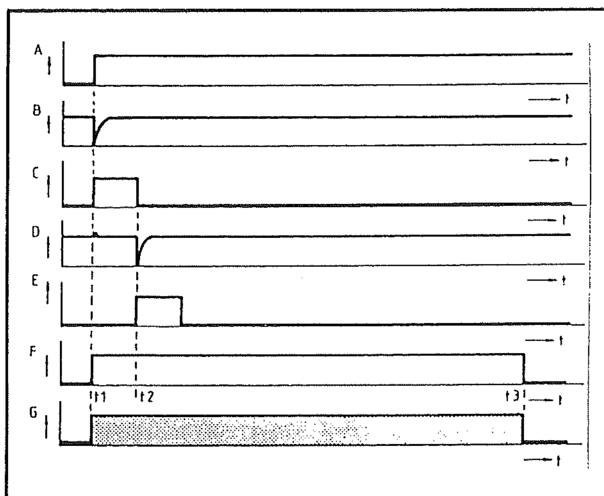


Figuur 4/14.52-3: Het volledig schema van de schakeling.

Het zal dan ook geen verbazing wekken dat het praktische schema van de alarmschakeling, getekend in figuur 4/14.52-3, uit niets meer dan vier van dergelijke IC'tjes bestaat en de perifere onderdelen die noodzakelijk zijn voor het naar behoren laten werken van de timers. De schakeling wordt besproken aan de hand van de tijd-diagrammen van figuur 4/14.52-4. De positieve flank van het alarmsignaal A wordt door middel van de condensator C1 en de weerstand R1 gedifferentieerd, dat wil zeggen omgezet in een zeer smalle positieve naaldpuls. Deze puls stuurt transistor T1 even in geleiding, het gevolg is dat de collectorspanning even naar nul gaat (signaal B). IC1 is ingesteld als MMV. De 555 wordt getriggerd door het aanleggen van een hoog naar laag overgang op pen 2. De uitgangspuls (C) wordt hoog op het moment van het verschijnen van de naaldpuls B en blijft hoog gedurende een tijd die wordt bepaald door de onderdelen R4 en C4. In dit geval bedraagt deze tijd ongeveer 2 seconde.
Ondertussen heeft de naaldpuls B ook IC3 getriggerd. Een identieke schakeling, het enige verschil is de veel grotere tijdconstante van de pulsduur bepalende componenten R9 en C11. Deze zijn ingesteld op een puls F van ongeveer 35 seconde. Op tijdstip t1 gaan zowel IC1 als IC3 hun puls genereren. De uitgang van IC3 stuurt via transistor T2 het relais RY1. Dit

14.52 Alarmmelder via het PTT-net

relais bevat omschakelaar ry1, die aangesloten wordt op de "HAAK"-schakelaar van de telefoon.



Figuur 4/14.52-4: De timing-diagrammen van het schema van figuur 4/14.52-3.

Hetzelfde signaal F stuurt bovendien de vierde timer IC4. Deze schakeling is ingesteld als astabiele multivibrator, die een signaal opwekt met een frequentie die bepaald wordt door de waarde van de onderdelen R10, R11 en C13. Deze onderdelen zijn zo geselecteerd dat er een uitgangssignaal met een frequentie van ongeveer 600 Hz ontstaat. Noteer dat de schakeling iets afwijkt van de standaard schakeling. Deze versie levert echter een mooie symmetrische blok aan de uitgang. De oscillator is echter niet vrijlopend! De reset-ingang op pen 4 van IC4 wordt namelijk gestuurd uit de uitgang van IC3. In rust ligt de reset op massa en IC4 zal niet oscilleren. Als echter IC3 zijn 35 seconde brede puls gaat opwekken wordt de reset hoog en de oscillator start.
De uitgang van een standaard 555 is in staat meer dan 100 mA aan een belasting te leveren. Meer dan genoeg om via weerstand R12 een 100 Ω luidsprekertje LS1 een behoorlijk volume te laten produceren. Het signaal G, de toonfrequentie, verloopt synchroon met de uitgangspuls F van IC3.
De uitgangspuls van IC1 wordt gedifferentieerd door het netwerkje C5-R5. De trigger-ingang van IC2 is via R5 met de voeding verbonden. Deze ingang staat dus op +15 V. Op de voorflank van signaal C zal er niets gebeuren. De uitgang na de differentiator wil positiever worden dan de voeding, maar daar steekt diode D1 een stokje voor! Het enige dat er op tijdstip t1 met signaal D gebeurt is dat de spanning eventjes stijgt tot +15,6 V, de voedingsspanning plus de geleidingsspanning van de diode. Op tijdstip t2 echter valt de spanning vóór de differentiator opeens weg. Deze negatieve spanningssprong wordt door de differentiator doorgekoppeld naar punt D. De negatieve naald triggert IC2 en deze gaat op t2 een puls met een door R7 en C8 bepaalde breedte genereren (signaal E). De tijdconstante van deze kring is gelijk aan de tijdconstante van IC1. IC2 zal dus ook een puls met een breedte van ongeveer 2 seconde opwekken. Deze spanning stuurt via transistor T3 relais RY2 en de vervangende "REDAIL"-schakelaar ry2.
De ACTIEF-uitgang wordt rechtstreeks gehaald uit de uitgang van IC3. De drie monostabiele multivibratoren zijn voorzien van een automatische inschakelreset. Deze voorziening zorgt ervoor dat bij het inschakelen van de voeding alle drie de schakelingen in rust blijven en er geen een het in zijn hoofd haalt op dat onzalige moment een puls te gaan genereren. Deze reset's ontstaan door de resetingangen aan te sluiten op integrerende netwerkjes. Bij IC1 wordt dit netwerk gevormd door de condensator C2 en de weerstand R3. Bij het inschakelen van de

14.52 Alarmmelder via het PTT-net

voeding is de condensator volledig ontladen en de reset hangt dus aan massa. De schakeling kan geen puls opwekken, zelfs als er per ongeluk een negatieve puls op de trigger zou verschijnen. De condensator gaat echter via weerstand R3 opladen tot de voedingsspanning. Na enige ms is de spanning op de reset-ingang gestegen tot boven de reset-drempel en kan de schakeling geactiveerd worden door een triggerpuls op pen 2.
Een zeer belangrijk onderdeel is condensator C14. Deze staat op een strategische plek op de print tussen de voeding en de massa geschakeld en zorgt voor een grondige ontkoppeling van de voedingslijn op de print. Zonder deze condensator gaat het gegarandeerd mis! Dit komt doordat een 555 de nare eigenschap heeft tijdens de voorflank van de uitgangspuls een stroom van ongeveer een halve ampère uit de voeding te trekken! Weliswaar duurt deze stroompuls slechts enige duizendsten van een seconde, maar zonder ontkoppeling van de voeding zo dicht mogelijk bij de timers zou deze stroompuls een zodanige spanningsval over de voedingslijn kunnen veroorzaken dat de andere als MMV geschakelde timers spontaan zouden triggeren.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5%

R1	150 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3,R6,R8	1 MΩ
R4,R7,R9	100 kΩ
R5	47 kΩ
R10	56 kΩ
R11	22 kΩ
R12	220 Ω
R13,R14	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1	100 nF	MKH
C2,C6,C9	470 nF	MKH
C3,C7,C10,C12,C13	47 nF	MKH
C4,C8	22 µF	16 V printelco
C5	22 nF	MKH
C11	220 µF	16 V printelco
C14	100 µF	25 V printelco

HALFGELEIDERS

D1	1N4148
D2,D3	1N4004
T1,T2,T3	BC107
IC1,IC2,IC3,IC4	555, mini-DIL

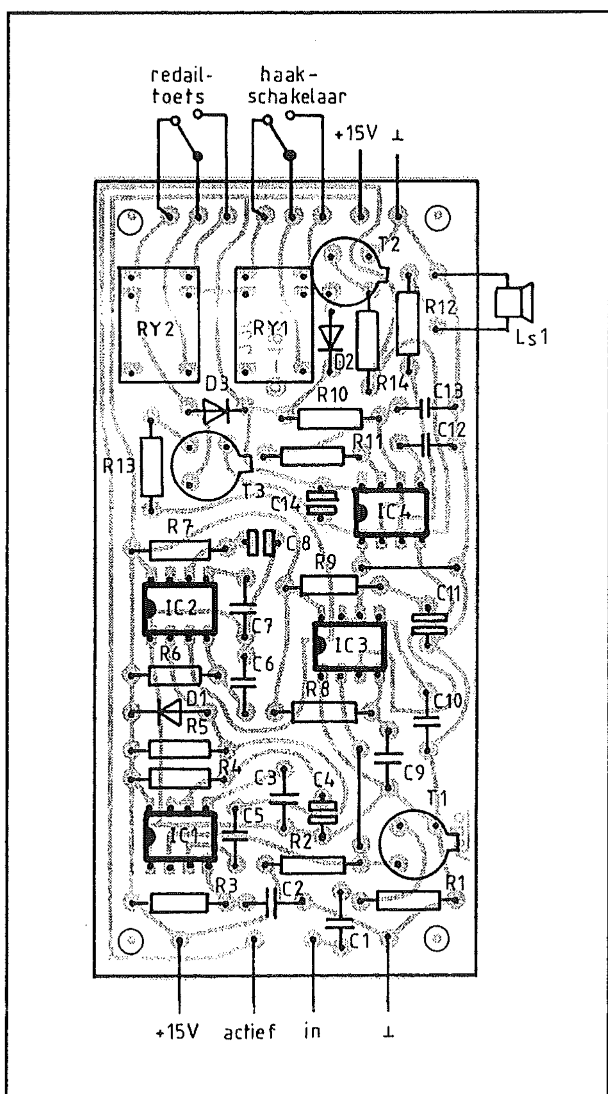
DIVERSEN

2 x printrelais, M3-12H Meisei
4 x 8-pens IC-voetje
1 x luidspreker, 100 Ω, 0,2 W
14 x printsoldeerlipje

14.52 Alarmmelder via het PTT-net

De bouw van de schakeling

Voor het telefonische alarm is de print van figuur 4/14.52-5 ontworpen, voorgesteld op de transparante print-pagina. De componentenopstelling van de print is getekend in figuur 4/14.52-6.

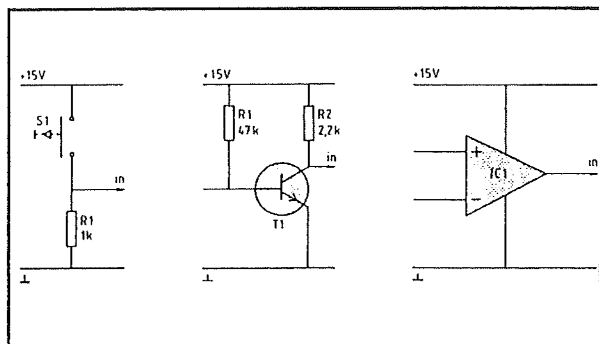


Figuur 4/14.52-6: De componentenopstelling van het telefonisch alarm.

Het werken met de schakeling

De schakeling wordt geactiveerd als men een laag naar hoog overgang aan de ingang aanlegt. Een en ander heeft tot gevolg dat het absoluut noodzakelijk is dat de ingang in rust of rechtstreeks of via een zeer kleine weerstand met de massa verbonden is.

In figuur 4/14.52-7 zijn een paar mogelijkheden geschetst die gebruikt kunnen worden voor het aansturen van het telefonisch alarm. Het linker schema maakt gebruik van een mechanische schakelaar, die bij alarm een positieve spanning over weerstand R1 zet en dus ook op de ingang van de schakeling. In het middelste schema wordt de laag naar hoog overgang door een transistor T1 geleverd door deze halfgeleider van geleiding naar sper te sturen. In het rechter schema wordt een als comparator geschakelde operationele versterker toegepast die zijn uitgang van laag naar hoog stuurt.

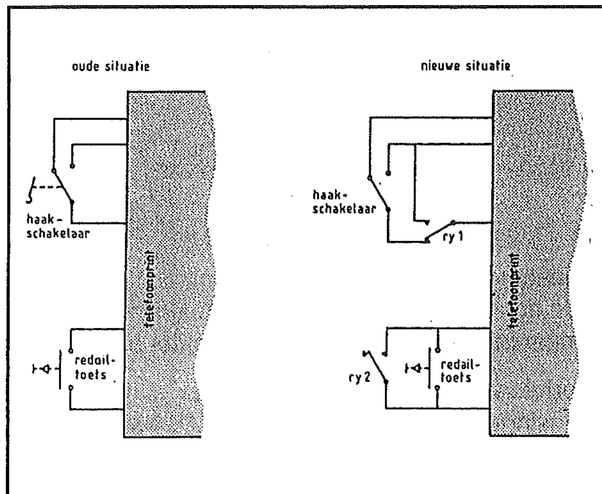


Figuur 4/14.52-7: Drie mogelijkheden voor het triggeren van het alarm.

Omdat de schakeling alleen triggert op de gedifferentieerde laag naar hoog overgang maakt het niet uit hoe breed de positieve puls is die aan de ingang wordt aangelegd. Het is echter toch wel verstandig ervoor te zorgen dat deze puls verdwenen is alvorens een volledige cyclus is afgehandeld.

In de linker tekening van figuur 4/14.52-8 is de bestaande bedrading in de telefoon getekend. De "HAAK"-schakelaar is door middel van drie draadjes met de print verbonden.

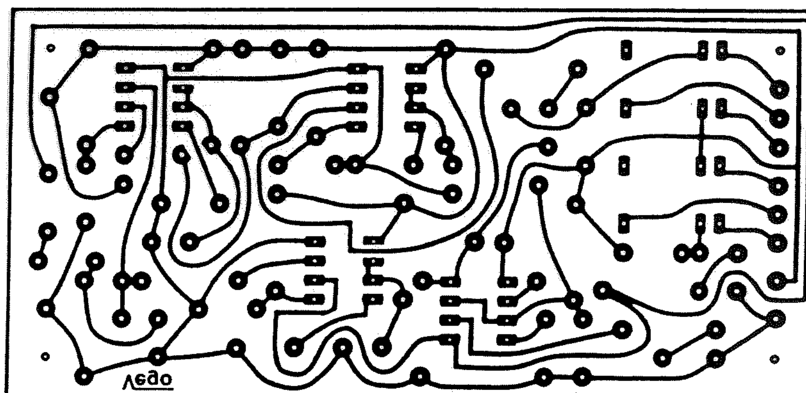
14.52 Alarmmelder via het PTT-net



Figuur 4/14.52-8: Het aansluiten van de print aan een telefoon.

De op de print geëtste "REDAIL"-schakelaar kan men voorstellen door middel van een gewone drukschakelaar die met twee draadjes met de elektronica verbonden is. De twee relaisschakelaars ryl en ry2 kunnen volgens het rechter schema uit dezelfde afbeelding in de telefoon geïntegreerd worden. De aansluitingen van ry2 worden gewoon parallel geschakeld aan de geëtste schakelaar, men kan de schakelaar met twee draadjes verbinden met de pennen van het IC. Volgens een soort serie/parallel-schakeling wordt ryl met de bestaande "HAAK"-schakelaar gecombineerd.
In rust staat ryl in de getekende stand en de "HAAK"-schakelaar van de telefoon functioneert normaal. Als de alarmschakeling wordt geactiveerd klapt de relaisschakelaar om en wordt de "HAAK"-schakelaar van de telefoon overbrugd.
Men kan een vijfpolig chassisdeel in de telefoon monteren en via deze connector de verbindingen met de schakeling op een eenvoudige manier realiseren. Het geheel wordt zo opgesteld dat de luidspreker van de 600 Hz generator in de buurt van de hoornmicrofoon zit, zodat deze het geluid kan oppikken en op de PTT-lijn zetten.

14.52 Alarmmelder via het PTT-net



Figuur 4/14.52-5: De print voor de schakeling.

4/14.53

Optische telefoon-oproep indicator

Inleiding

Een lamp die gaat branden als men wordt opgebeld kan in bepaalde omstandigheden en omgevingen handiger zijn dan een rinkelende bel. Te denken valt een grote rumoerige ruimten met vele draaiende machines, waar het geluid van een bel vaak verloren kan gaan omdat er net op het moment dat men wordt opgebeld een boormachine of iets dergelijks gaat razen.

Enige strategisch opgestelde lampen zijn dan veel opvallender, zelfs in het volle daglicht. Op kantoren, waar de telefoon om de minuut rinkelt, kan het zenuwen sparend zijn als de rinkelende bel wordt vervangen door een lamp. Ook als er in een en dezelfde ruimte vele PTT-lijnen uitmonden in even zovele telefoons kan het handig zijn als de rinkelende "zeer belangrijke" telefoon een lampje laat branden. De van komisch bedoelde films overbekende scène, waarin de drukbezette topmanager in een telefoonhoorn zit te praten, terwijl het een ander toestel is dat rinkelt, behoort dan definitief tot het verleden!

Daarnaast heeft een oplichtende telefoon-"bel" natuurlijk erg veel nut voor mensen die niet zo goed horen.

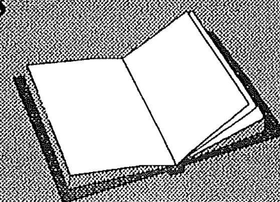
Principe

Gelukkig biedt de moderne elektronica onderdelen waardoor een optische telefoon-"bel" uit een handjevol onderdelen kan worden samengesteld.

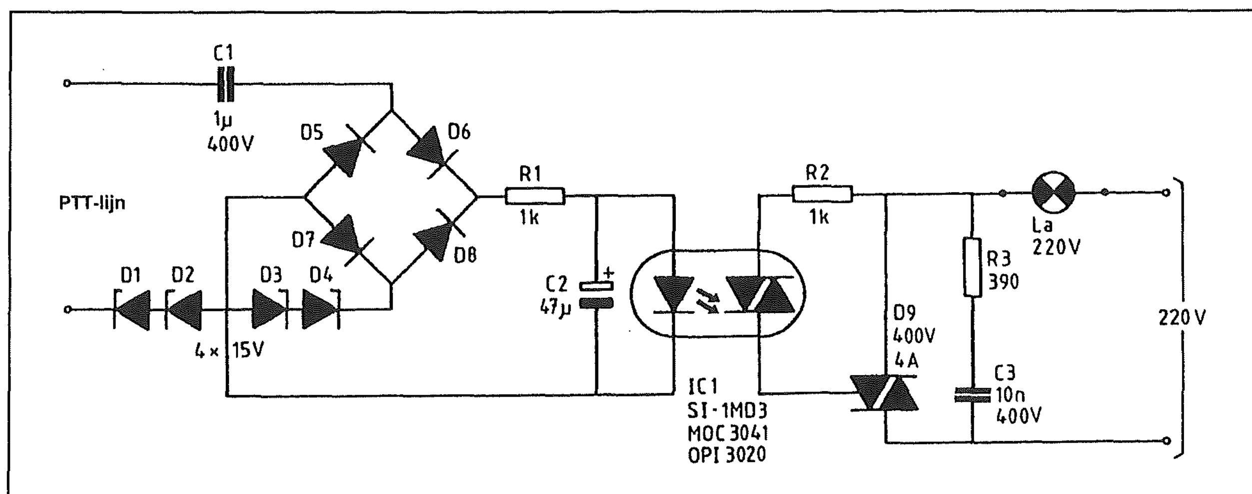
Die moderne onderdelen luisteren naar de namen "triac" en "optische triac-koppelaar". Een triac, dé universele elektronische wisselspanningsschakelaar, is uiteraard niet zo erg nieuw. Maar wat te denken van een optische koppelaar waarin de infrarode LED geen fototransistor in geleiding stuurt, maar een fotogevoelige triac laat doorslaan? Diverse fabrikanten brengen deze onderdelen op de markt en met de verkrijgbaarheid valt het best mee.

Dank zij zo'n onderdeel is het mogelijk een triac rechtstreeks uit het 230 V net aan te sturen, terwijl de energie voor het laten oplichten van de infrarode LED rechtstreeks uit de PTT-lijn kan worden gehaald.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 4/14.18



14.53 Optische telefoon-oproep indicator



Figuur 4/14.53-1: Het volledig schema van de optische telefoon-"bel".

Er is dus geen externe voeding nodig en hoewel de schakeling rechtstreeks uit de netspanning wordt gevoed zorgt de optische koppelaar voor een ideale scheiding tussen het in principe levensgevaarlijke 230 V net en de gevoelige PTT-lijn.

Het praktisch schema

Het praktisch schema van de optische "bel", getekend in figuur 4/14.53-1, is de eenvoud zelve. De infrarode LED in de speciale optische koppelaar wordt uit de PTT-lijn gestuurd via een gelijkrichterbrug met tussenschakeling van de onontbeerlijke condensator (zorgt voor de capacitieve belasting van de PTT-lijn) en de zenerdioden die ongewenste signalen, zoals de open lijn spanning van ongeveer 60 V, sperren.
De infrarode LED zal straling uitzenden als de belpulsen op de PTT-lijn verschijnen. Deze straling brengt nu echter geen transistor in geleiding, maar laat een optisch gevoelige triac doorslaan. Deze triac is opgenomen in de gateleiding van een "normale" triac. De gatestroom die gaat vloeien als de fototriac doorslaat heeft tot gevolg dat ook de tweede triac doorslaat en de lamp met het 230 V net verbonden wordt. De weerstand R2 is noodzakelijk om de gatestroom tot een veilige waarde te beperken. Noteer dat men een gewone 1/4 W weerstand kan gebruiken. Als de triac doorslaat valt de spanning over het onderdeel immers terug tot enige volt en op dat moment valt ook de gatestroom weg.
Dat is echter geen ramp, omdat de triac blijft geleiden zolang er een bepaalde stroom doorheen vloeit. En daar zorgt de lamp wel voor! Alleen als de wisselspanning van het net door de nul gaat zal de triac weer gaan sperren. Bij het begin van de volgende halve periode gaat de spanning over R2 en de fototriac weer stijgen tot deze spanning zo groot is dat er voldoende gatestroom gegenereerd kan worden om de triac weer te laten ontsteken.
Over de triac is een zogenoemd "snubber"-netwerkje geschakeld, samengesteld uit de weerstand R3 en de condensator C3. Deze onderdelen zorgen ervoor dat de spanning over de triac niet te snel kan stijgen. Zoals misschien bekend kunnen triac's niet tegen te snelle spanningsstijgingen. Als de spanning te snel stijgt bestaat het gevaar dat het onderdeel doorslaat.

14.53 Optische telefoon-oproep indicator

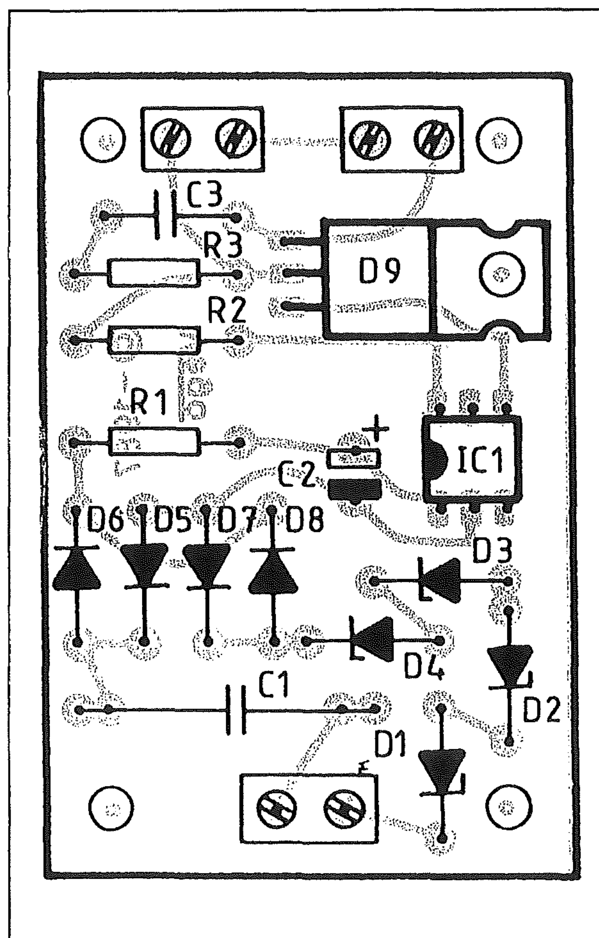
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1,R2	1 kΩ
R3	390 Ω
CONDENSATOREN	
C1	1 µF 400 V
C2	47 µF 16 V print-elco
C3	10 nF 400 V
HALFGELEIDERS	
D1,D2,D3,D4	zenerdiode, 15 V 400 mW
D5,D6,D7,D8	1N4004
D9	triac, 400 V, 4 A
IC1	MOC3041, OPI3020, SI-1MD3
DIVERSEN	
3	tweepolige printkroonsteentje
1	M3x10 boutje
1	M3 moertje

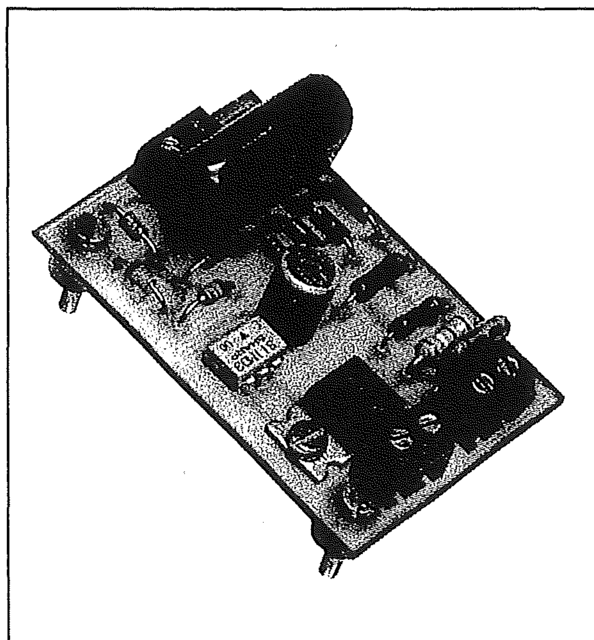
In het schema zijn drie optische koppelaars aangegeven die in deze schakeling gebruikt kunnen worden. De SI-1MD3 wordt gefabriceerd door Sharp en is goed verkrijgbaar.

Bouw van de schakeling
De optische telefoon-"bel" kan ondergebracht worden op het printje dat als figuur 4/14.53-2 is getekend op de transparante printpagina. De montage zal geen problemen geven als men figuur 4/14.53-3 naast het printje legt.
Noteer dat het niet noodzakelijk is de triac te koelen. De belpulsen worden immers intermitterend uitgezonden en de triac zal dus ook intermitterend geleiden, waardoor voldoende tijd vrij komt om het onderdeel te laten afkoelen.
Figuur 4/14.53-4 geeft een indruk van de compleet gemonteerde print.

14.53 Optische telefoon-oproep indicator

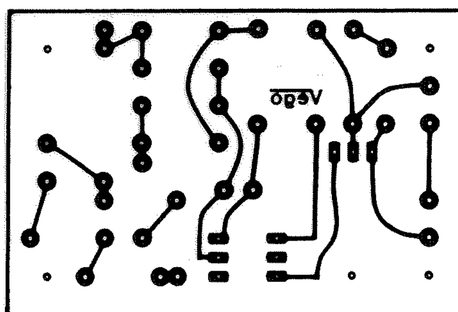


Figuur 4/14.53-3: De componentenopstelling van de print.



Figuur 4/14.53-4: Het proto-type van de schakeling.

14.53 Optische telefoon-oproep indicator



Figuur 4/14.53-2: De print voor de schakeling.

4/14.54

Op afstand besturen via het PTT-net

Inleiding

Schakelen via het PTT-net

Vaak zou het heel erg handig zijn als men op afstand bepaalde apparaten in huis zou kunnen inschakelen. Een praktijkvoorbeeld. Het is winter en men gaat een weekend naar vrienden die ver uit de buurt wonen. Als energiebewust burger wordt voor vertrek uiteraard de verwarming laag gezet. Het gevolg is dat men op zondagavond in een steenkoude woning thuis komt. Zou het niet praktisch zijn als men voor men aan de terugreis begint even een seintje aan de verwarming zou kunnen geven om op volle kracht te gaan branden?

Natuurlijk zou men een dergelijk probleem kunnen oplossen door het gebruiken van een tijdschakelaar. Maar dit systeem is weinig flexibel. Als men om de een of andere reden vroeger of later dan gepland wil vertrekken kan men de tijdschakelaar niet anders instellen.

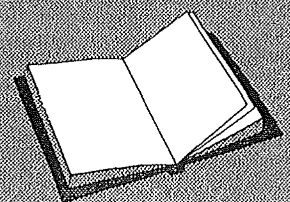
Met de in dit hoofdstuk beschreven schakeling kan men echter op ieder gewenst moment de verwarming inschakelen en wel via een ordinaire telefoon! Het is uiteraard mogelijk de verwarming te vervangen door ieder ander elektrisch werkend apparaat. Zo zou men via dit systeem bijvoorbeeld net zo goed enige lampen kunnen ontsteken.

Het principe

In de vakliteratuur zijn diverse schakelingen beschreven die het PTT-net gebruiken om op afstand apparatuur aan of uit te schakelen. Die schakeling werken echter volgens een niet al te betrouwbaar principe.

Aan de ontvangerkant is een schakeling opgenomen, al dan niet rechtstreeks met het PTT-net verbonden, die bij een oproep het aantal belpulsen telt. Als dat aantal binnen bepaalde grenzen valt wordt het op de schakeling aangesloten apparaat met het net verbonden. De bedoeling is uiteraard dat men het eigen nummer opbelt, de bel het ingestelde aantal keren laat overgaan en dan de hoorn weer op de haak legt.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 4/14.18
Hoofdstuk 4/14.53



14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

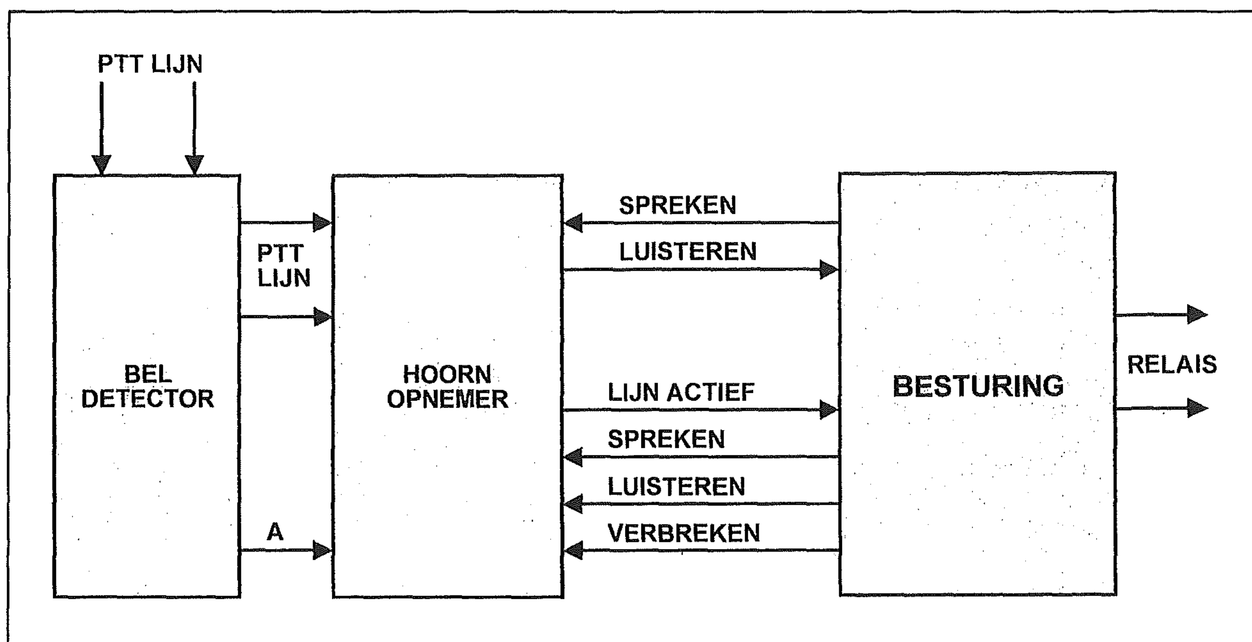
Dit systeem is om drie redenen niet erg betrouwbaar:

- Op de eerste plaats is het lang niet zeker dat het aantal belpulsen dat men hoort overeen komt met het aantal belsignalen dat de telefoon thuis ontvangt.
  De belpulsen worden immers door de plaatselijke centrale verzonden en als men van een plaats belt die op een andere centrale is aangesloten dan de huistelefoon kan er een verschil van 1 á 2 belsignalen zitten tussen dat wat men hoort en dat wat de telefoon werkelijk ontvangt.
- Op de tweede plaats kan het systeem ook reageren op iemand anders die belt en toevallig na het ingestelde aantal belletjes de hoorn weer op de haak legt.
- Op de derde plaats zou men per vergissing een verkeerd nummer kunnen draaien. Als de abonnee van dat nummer niet thuis is dan legt men na het bereiken van het aantal belletjes waarop de schakeling reageert de hoorn weer op de haak in de veronderstelling dat alles in orde is. Terwijl de eigen telefoon niet eens iets te tellen heeft gekregen!

In de in dit hoofdstuk beschreven schakeling wordt gebruik gemaakt van een geheel ander principe. Na het draaien van het eigen nummer hoort men de bel overgaan totdat een “automatische hoornopnemer” reageert en de verbinding tot stand brengt. Men hoort nu gedurende ongeveer 3 seconde een piepje met een frequentie van 600 Hz. Dat is het signaal dat men de eigen telefoon aan de lijn heeft. Nadien moet men gedurende ongeveer 3 seconde in de hoorn fluiten. De frequentie en de tijdsduur van dit fluitsignaal worden door de schakeling geanalyseerd. Als zowel frequentie als duur voldoen aan de eisen schakelt de schakeling een relais in. Het apparaat dat moet ingeschakeld worden is uiteraard aangesloten op de schakelcontacten van dit relais.
De schakeling meldt dat het apparaat is geactiveerd door weer het 600 Hz signaaltje op de PTT-lijn te zetten. Men kan nu de hoorn met een gerust hart op de haak leggen, het zal behaaglijk warm zijn als men thuis komt!
Ongeveer 30 seconde na het ontvangen van de oproep verbreekt de schakeling automatisch de verbinding met de PTT-lijn, zodat de telefoon niet onnodig een lijn bezet houdt. Enig nadeel van dit systeem is dat als een onbekende opbelt deze uiteraard ook het 600 Hz toontje zal horen. Na de 3 seconde van dit toontje wordt de lijn stil. De schakeling reageert niet op gewone spraak, zodat het absoluut onmogelijk is dat de verwarming inschakelt als de onbekende “Hallo, is daar iemand?” in de hoorn roept. Als de onbekende al niet uit zichzelf oplegt wordt de verbinding na 30 seconde door de elektronica verbroken.
Tweede nadeel is dat men uiteraard geen telefoonbeantwoorder op de lijn kan zetten. Deze zou de oproep veel eerder van de telefoon overnemen, met als gevolg dat het systeem niet werkt.

Algemeen blokschema
De aan de ontwerper gestelde opdracht lijkt eenvoudig, maar er komt toch heel wat bij kijken om het principe in een goed en betrouwbaar werkende schakeling om te zetten. Een schakeling, bovendien, die voldoet aan de door de PTT gestelde eisen wat betreft het aansluiten van “vreemde spullen” op het “Heilige Net”.
Blokschematisch kan de schakeling ingedeeld worden in drie grote groepen, weergegeven in figuur 4/14.54-1.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-1: Het algemeen blokschema van het systeem.

- BEL DETECTOR
  Deze schakeling is verbonden met het PTT-net, parallel aan de telefoon, en stelt vast dat het apparaat een oproep ontvangt. Als de PTT de belpulsen op de lijn zet, zal deze schakeling hierop reageren door een stuurpulsje te genereren voor de rest van de elektronica.
- HOORN OPNEMER
  Deze schakeling is eveneens aangesloten op de PTT-lijn en reageert op het stuurpulsje van de BEL DETECTOR door als het ware "de hoorn van de haak te nemen". Bij deze actie wordt de normale capacitieve belasting van de PTT-lijn vervangen door een resistieve, waardoor de lijnstroom gaat vloeien die in de centrale wordt geïnterpreteerd als het van de haak nemen van de hoorn. De PTT-verbinding tussen opbellend toestel en gebeld toestel komt tot stand.
- BESTURING
  Dit blok bestuurt het beschreven proces van toontje op de lijn zetten, luisteren of er gefloten wordt, relais aansturen, weer toontje op de lijn zetten en de verbinding uiteindelijk verbreken. Het zal wel duidelijk zijn dat deze schakeling hoofdzakelijk timers bevat die alles in de juiste volgorde en met de gewenste tijdsduur in- en uitschakelen.

Deze drie blokken worden, voor de overzichtelijkheid, op afzonderlijke printjes opgenomen, die uiteraard gemakkelijk onderling te koppelen zijn. De signalen tussen de printen zijn in het blokschema van figuur 4/14.54-1 duidelijk benoemd en deze namen worden in het volledige hoofdstuk gebruikt.
Voordeel van deze losse printjes is dat de blokken eventueel afzonderlijk te gebruiken zijn.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

Bij de bespreking van de afzonderlijke blokken wordt hierop teruggekomen.

BEL DETECTOR

Inleiding

De eerste schakeling die men nodig heeft bij het automatiseren van het telefoonverkeer is een elektronische bel detector. Een schakeling die dus de 25 Hz sinussen die op de lijn worden gezet als het toestel wordt opgebeld detecteert en deze omzet in een mooie stuurpuls. Op dat moment kan de elektronische hoorn opnemer overschakelen van capacitieve naar resistieve lijnbelasting, zoals bekend dé basis voor het maken van een telefoonverbinding.

De schakeling

De schakeling, getekend in figuur 4/14.54-2, is zo eenvoudig dat een eerste kennismaking aan de hand van een blokschema niet eens noodzakelijk is. Het signaal op de telefoonlijn wordt capacitief gekoppeld naar een bruggelijkrichter, die het belsignaal omzet in een pulserende gelijkspanning. Die capacitieve koppeling is absoluut noodzakelijk, want in rust mag er géén gelijkstroom door de PTT-lijn vloeien! C1 heeft een waarde van slechts 100 nF, maar dat wil niet zeggen dat men concessies mag doen aan de doorslagspanning. Een 630 V exemplaar is absoluut noodzakelijk!

De gelijkgerichte spanning op de uitgang van de brug stuurt via een stroombegrenzende weerstand R1 een stroom in de LED van een optische koppelaar IC1. Vier zenerdioden van 15 V zijn in serie met het primaire circuit van de bruggelijkrichter opgenomen. Deze houden alle signalen die kleiner zijn dan 30 V tegen, zodat de schakeling alleen maar regeert op het veel grotere belsignaal dat de PTT nog steeds op de lijn zet. De aansluitingen van de telefoonlijn worden niet alleen naar de brug gevoerd, maar ook naar een afzonderlijke uitgang op de print.

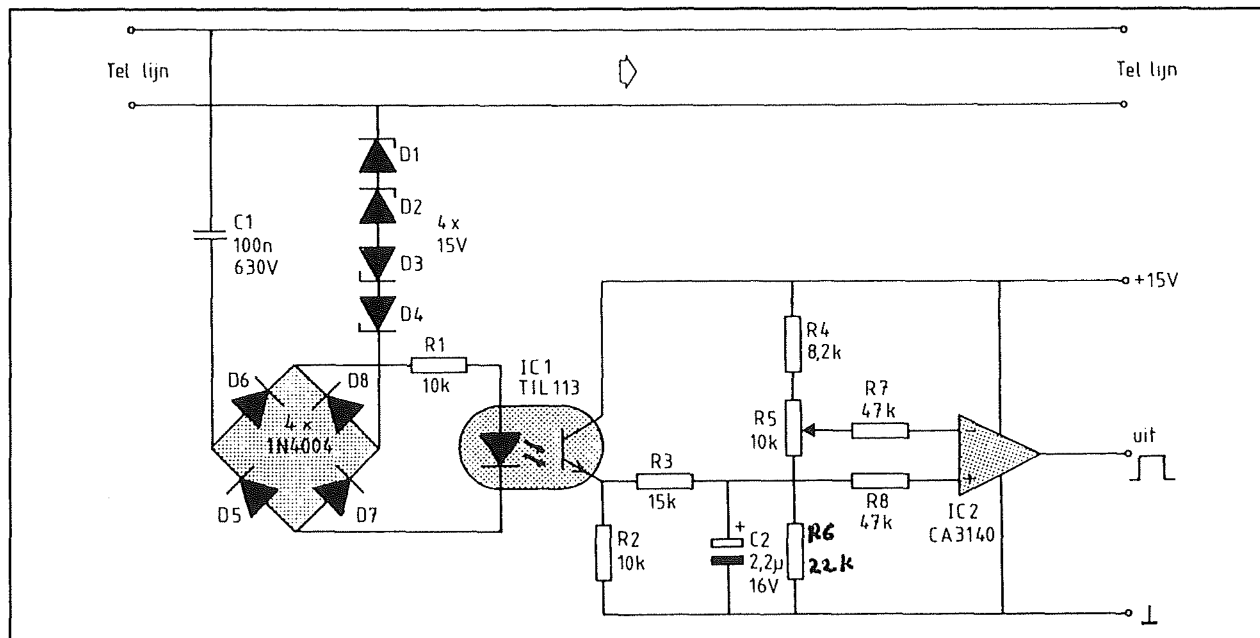
Door deze doorverbinding kan men de print van de BEL DETECTOR op een heel eenvoudige manier verbinden met de daaropvolgende print die onderdak biedt aan de elektronica van de HOORN OPNEMER.

Het secundaire circuit bestaat uit de als emittervolger geschakelde foto-transistor uit de optische koppelaar, een ontstoorfiltertje en een als comparator geschakelde operationele versterker IC2. Als de LED geen infrarode straling uitzendt zal de foto-transistor niet geleiden en staat er over de emitterweerstand R2 geen spanning.

Bij het verschijnen van het eerste belsignaal op de lijn gaat de LED 50 keer per seconde even oplichten. De transistor gaat even zoveel maal even geleiden en over de emitterweerstand R2 ontstaan smalle pulsjes van ongeveer 15 V. De condensator C2 gaat zich via R3 uit deze pulsjes opladen. Na ongeveer 30 ms staat er een mooie gelijkspanning van +15 V over dit onderdeel. Deze spanning valt uiteraard vrijwel onmiddellijk weg tussen twee belsignalen. De condensator gaat zich dan immers via R3 en R2 ontladen.

De spanning over de condensator wordt in een comparator vergeleken met een referentiespanning, die instelbaar is door middel van de instelpotentiometer R5. Dit onderdeel is in serie geschakeld tussen de massa en de +15 V voeding met twee vaste weerstanden van respectievelijk 8,2 kΩ en 22 kΩ als begeleiders.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-2: Het volledig schema van de BEL DETECTOR.

De inverterende ingang van de operationele versterker kan dus door het verdraaien van de loper ingesteld worden op een gelijkspanning tussen ongeveer + 8 V en + 12 V. In rust is de condensator ontladen en staat de niet-inverterende ingang van de operationele versterker op nul volt. De inverterende ingang is veel positiever, de uitgang van de schakeling zal bijgevolg op 0 V staan. Het is namelijk een gunstige eigenschap van de operationele versterker van het type CA3140 dat deze in staat is zijn uitgang net zo laag te maken als de spanning die op de negatieve voedingsaansluiting van het onderdeel staat. In deze schakeling wordt de op-amp tussen + 15 V en de massa gevoed, op de uitgang moet men bijgevolg een spanning meten van ten hoogste 100 mV.

Anders wordt dat als de telefoon wordt opgebeld. De spanning over condensator C2 komt via weerstand R8 op de niet-inverterende ingang terecht en deze aansluiting wordt ongeveer +15 V. Deze spanning is groter dan de spanning op de inverterende ingang, de uitgang van de schakeling zoekt de voedingsspanning op en wordt ongeveer gelijk aan +15 V, het beroemde besturingssignaal A van figuur 4/14.54-1.

Stoorpulsonderdrukking

Bij het opnemen van de hoorn van een op dezelfde lijn parallel geschakelde telefoon kan het gebeuren dat er zeer korte maar tamelijk grote stoorpulsen ontstaan. Deze zijn zo groot dat zij de eerste storingsonderdrukkers, namelijk de vier zenerdioden, zonder problemen overwinnen. Om te verhinderen dat deze stoorpulsen smalle pulsen op de uitgang veroorzaken is het netwerkje R3-C2 opgenomen. De korte spanningspuls over R2 zal een stroom door R3 veroorzaken, die de condensator C2 weliswaar gaat opladen, maar er niet in slaagt de spanning over dit onderdeel tot boven de referentiespanning van de comparator te laten stijgen.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

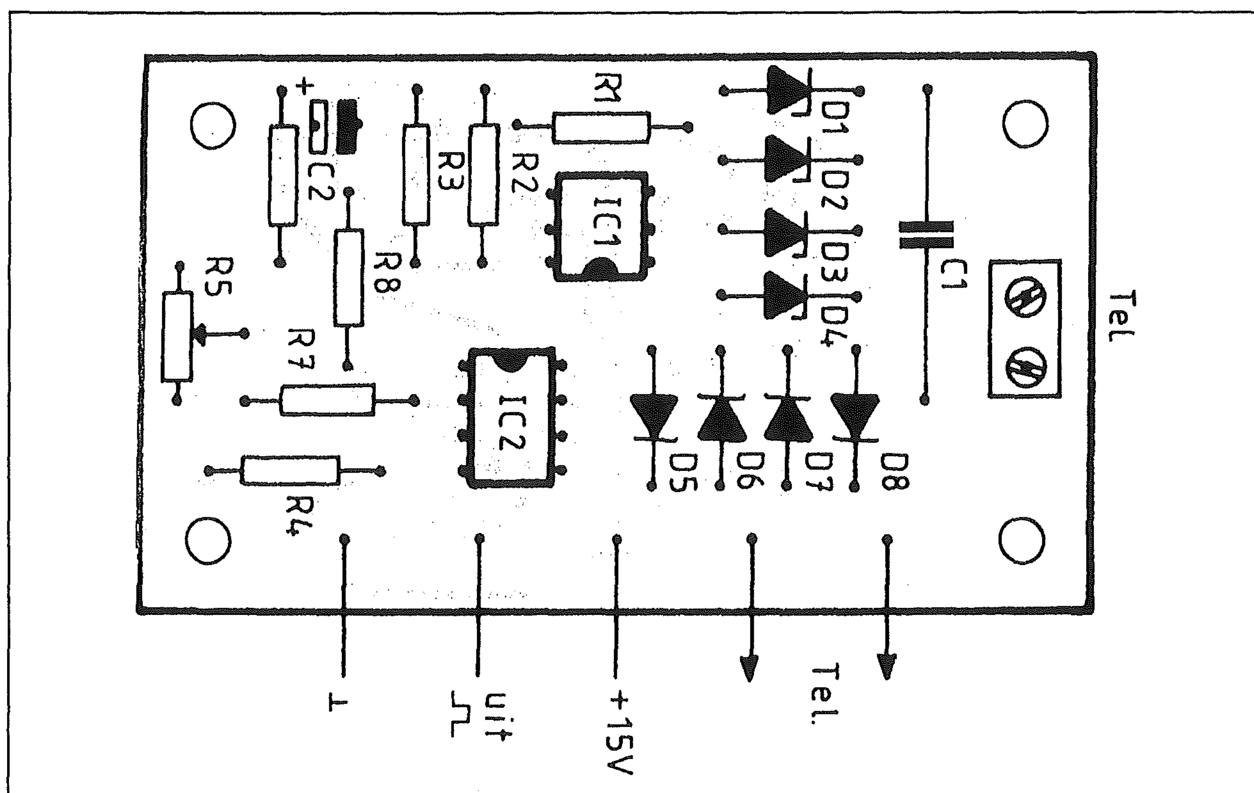
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W 5 %	
R1,R2	10 kΩ
R3	15 kΩ
R4	8,2 kΩ
R6	22 kΩ
R7,R8	47 kΩ
INSTELPOTENTIOMETER, 10x15 mm	
R5	10 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	100 nF 630 V
C2	2,2 µF 16 V print-elco
HALFGELEIDERS	
D1,D2,D3,D4	zenerdiode, 15 V 400 mW
D5,D6,D7,D8	1N4004
IC1	TIL113
IC2	CA3140, mini-DIL op-amp
DIVERSEN	
1	IC-voetje, 6 pennen
1	IC-voetje 8 pennen
1	tweepolig printkroonsteentje
5	printsoldeerlipje
1	as voor instelpotentiometer

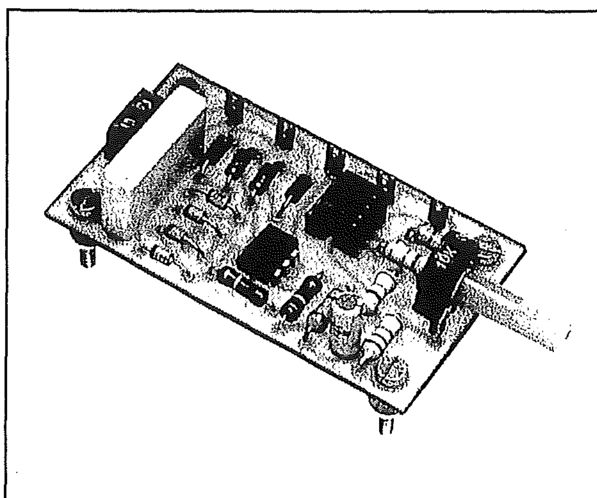
Bouw van de schakeling
De print voor de BEL DETECTOR is getekend in figuur 4/14.54-3 op de transparante print-pagina, de componentenopstelling in figuur 4/14.54-4. De telefoonaansluiting wordt uitgevoerd door middel van een tweepolig printkroonsteentje, de vijf overige aansluiting door middel van op de print gesoldeerde soldeerlipjes. Figuur 4/14.54-5 geeft een indruk van de compleet gemonteerde schakeling.

De schakeling in de praktijk
Verbindt het printje met een voeding van +15 V, sluit de ingang parallel aan een telefoon op de PTT-lijn en zet de instelpotentiometer R5 in de middenstand. Meet met een universeelmeter of een oscilloscoop de spanning op de uitgang. Deze spanning moet 0 V bedragen. Neem de hoorn van de haak en controleer of de spanning 0 V blijft. Zou de naald van de meter even uitslaan of zou er een smalle positieve puls op het scherm van de scoop zichtbaar zijn, dan moet men de loper van R5 op een iets positievere spanning instellen.
Laat vervolgens een vriend of vriendin het nummer waarop de schakeling is aangesloten opbellen. Op het moment dat de bel in de telefoon gaat rinkelen moet de spanning op de uitgang gelijk worden aan +15 V en onmiddellijk weer terug naar nul vallen tussen twee belsignalen.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-4: De componentenopstelling van de BEL DETECTOR.



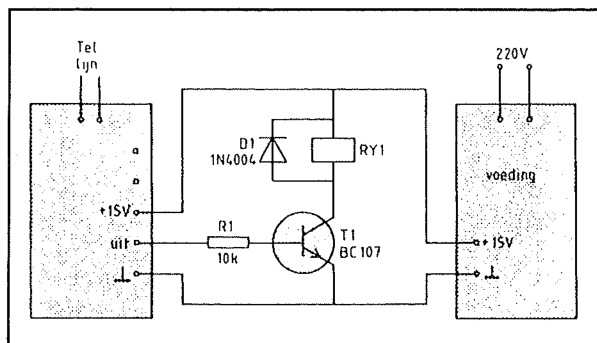
Figuur 4/14.54-5: Het proto-type van de BEL DETECTOR.

Is dit niet het geval, dan moet men de loper van de instelpotentiometer verdraaien.

Het gebruik van de schakeling

De schakeling is uiteraard in eerste instantie ontwikkeld als basis van de in dit hoofdstuk beschreven afstandsbediening. Toch zijn er applicaties te verzinnen, waarin de BEL DETECTOR als zelfstandige unit zijn diensten kan bewijzen. Figuur 4/14.54-6 geeft bijvoorbeeld een schakeling waarmee men een sterke 230 V bel uit de BEL DETECTOR kan sturen. Handig als men een centrale telefoon in een zeer grote of rumoerige ruimte heeft opgesteld of een huis met zeer grote tuin heeft.
De uitgang stuurt via de schakeltransistor T1 een 15 V relais RY1.
Dit relais moet uiteraard wel in staat zijn de netspanning te schakelen! De 230 V bel is in serie met het relaiscontact op het 230 V net aangesloten.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-6: Een toepassing van de BEL DETECTOR.

Het relais en het printje van de BEL DETECTOR kunnen gevoed worden uit een ongestabiliseerde spanning van +15 V, bijvoorbeeld afkomstig van een netstekervoeding.

HOORN OPNEMER

Inleiding

De automatische HOORN OPNEMER simuleert het tot stand brengen van de lijnverbinding door het nummer dat wordt opgebeld. In principe doet deze schakeling dus precies hetzelfde als de menselijke gebruiker, die na het horen rinkelen van de telefoonbel de hoorn van de haak neemt.

Echter, bij volledig automatische telefoonapparatuur is er geen sprake van een fysiek aanwezige hoorn met spreek- en luisterkapsel. Deze componenten zijn vervangen door elektronische schakelingen die ofwel het signaaltje op de lijn versterken en er iets mee sturen ofwel zelf een signaal op de lijn zetten. De elektronische HOORN OPNEMER moet dus niet alleen de verbinding tot stand brengen maar ook de lijn op de door de PTT voorgeschreven manier verbinden met een "ontvanger" of een "zender".

Tot slot moet de schakeling de verbinding weer verbreken als een stuursignaal dit opdraagt.

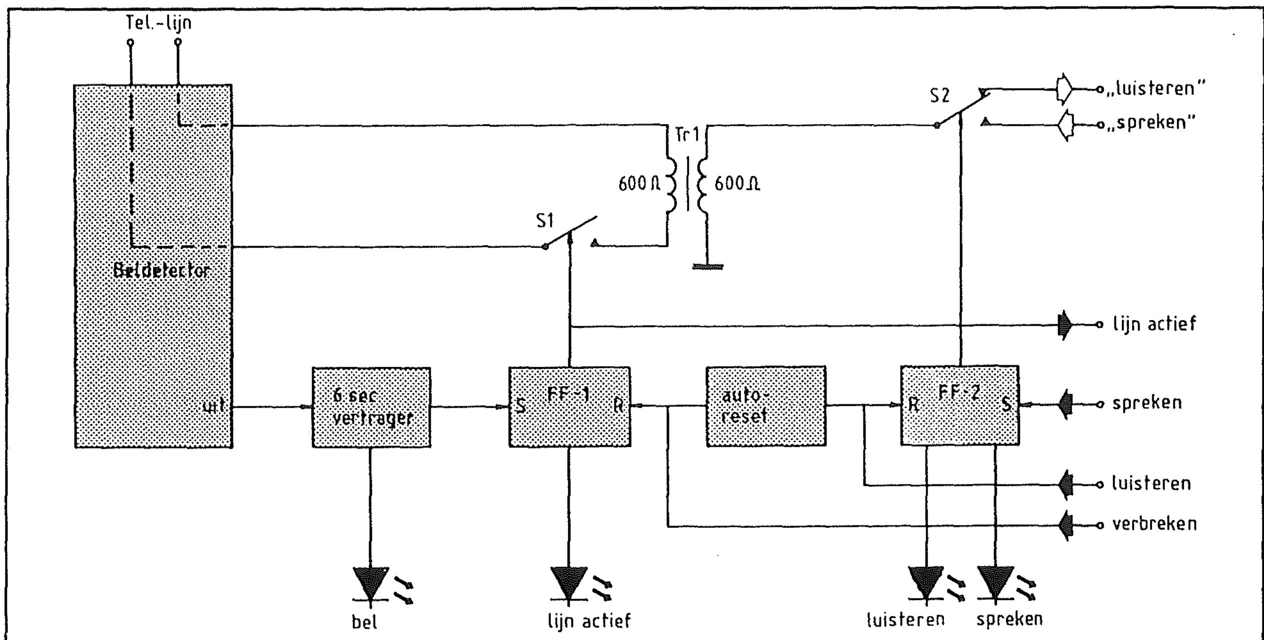
De in dit hoofdstuk beschreven schakeling vervult al deze functies in samenwerking met de BEL DETECTOR. Hoewel de schakeling in eerste instantie ontworpen is als basis voor de afstandsbediening, kan men ook deze print gebruiken bij zélf ontworpen toepassingen.

Blokschema

Hoewel de elektronica van de automatische HOORN OPNEMER alles behalve gecompliceerd is en er slechts twee geïntegreerde schakelingetjes nodig zijn om de toch niet geringe hoeveelheid functies te vervullen, kan de werking het best verklaard worden aan de hand van een blokschema. Dit schema is getekend in figuur 4/14.54-7.

Belangrijkste onderdeel van het geheel is zonder meer de scheidingstrafo Tr1, niet zomaar een trafo, maar een speciale uitvoering die helemaal is aangepast aan de technische eisen die het PTT-net stelt. Zo hebben zowel de primaire als de secundaire wikkeling een weerstand van 600 Ω, zodat de PTT-lijn optimaal wordt belast. De twee wikkelingen zijn in uitstekend van elkaar geïsoleerde compartimenten gewikkeld, zodat de galvanische scheiding tussen het primaire PTT-circuit en het secundaire optimaal is. Men kan dus zonder meer een van de secundaire aansluitingen met de massa van een desnoods netgevoede eigen schakeling verbinden zonder dat de eisen van de PTT met de voeten worden getreden. Enig probleem is dat het onmogelijk is een fabrikant en typenummer van dit onderdeel te vermelden.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



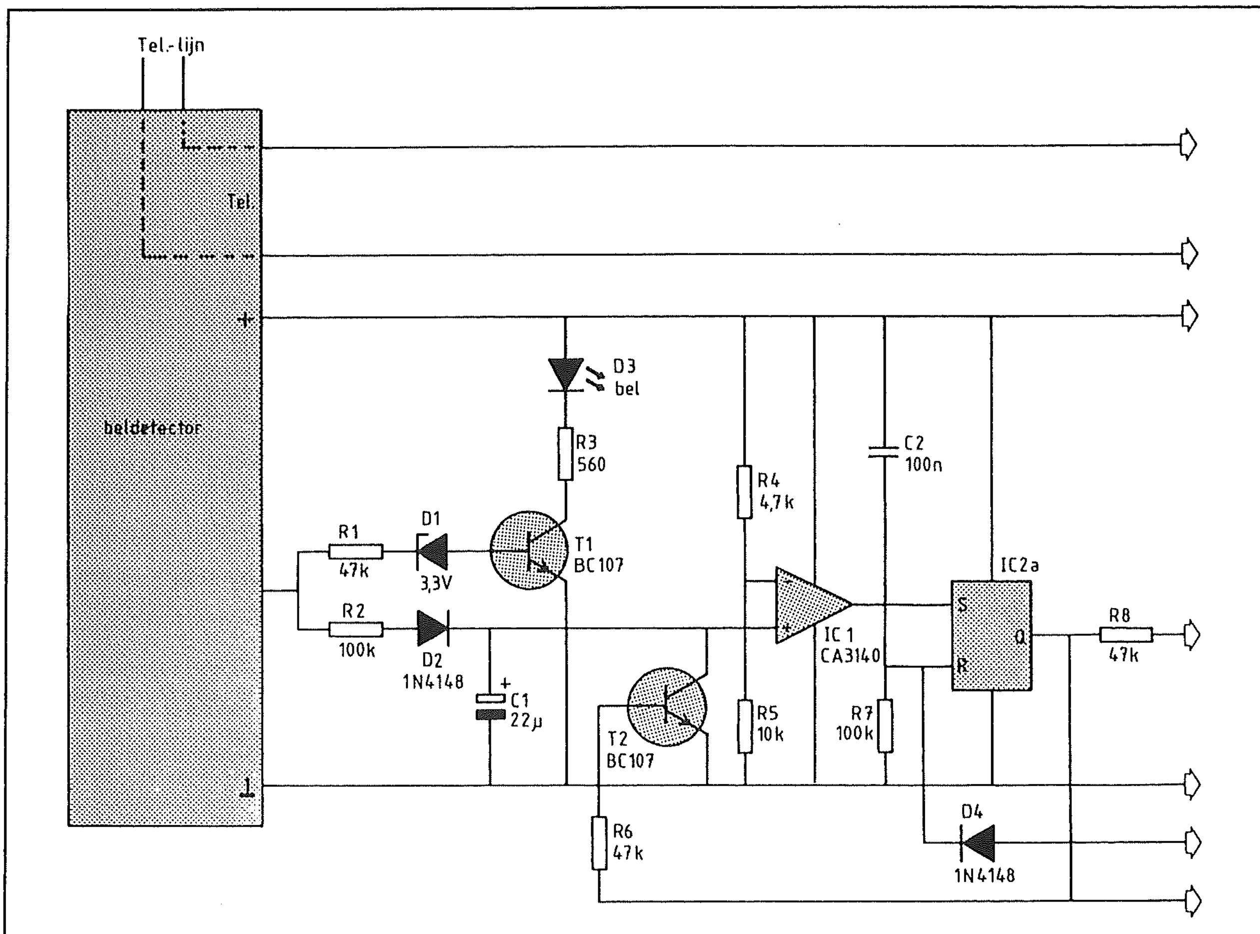
Figuur 4/14.54-7: Het blokschema van de HOORN OPNEMER.

In catalogi van gerenommeerde onderdelenleveranciers die alleen componenten van betrouwbare fabrikanten leveren treft men geen 600/600 Ω trafo's aan. De reden ligt voor de hand. Er zijn maar enkele fabrikanten die zich bezig houden met de productie van op de PTT-lijn te zetten apparaten en in feite is dat de enige toepassing waarin deze trafo's gebruikt worden. Deze fabrikanten kopen waarschijnlijk in het groot rechtstreeks bij een trafofabriek in of laten deze trafo's zelf wikkelen. Wél leest men in de vakpers advertenties van handelaren, die zich gespecialiseerd hebben in het verkopen van overtollige voorraden, waarin aanbiedingen staan van zogenoemde "modemtrafo's". Negen kansen op de tien is dat precies dat wat voor deze schakeling nodig is. Helaas blijkt bij aankoop meestal dat het brokje metaal merkloos is en technische gegevens ontbreken. Controleer dus steeds even met een meter of de weerstanden van de wikkelingen inderdaad ongeveer 600 Ω bedragen!

Belangrijke opmerking
Gebruik nooit ofte nimmer een andere soort trafo in deze schakeling!

Bespreking van het blokschema
De elektronische schakeling bevat slechts twee flip-flop's, een automatische reset voor deze schakelingen en een vertrager. Daarnaast zijn er nog vier LED-indicatoren aangebracht, die niet wezenlijk zijn voor de functie maar een optische controle geven op de werking van het systeem.
Bij het inschakelen van de voeding zorgt de automatische reset er voor dat beide flip-flop's in hun reset-stand opstarten. De uitgangen besturen twee relais, die de schakelaars S1 en S2 bedienen. In de tekening zijn deze schakelaars in de reset-stand getekend. De primaire wikkeling is open, de telefoonlijn is dus niet met de trafo verbonden, maar alleen met de capacitieve belasting van de BEL DETECTOR. De secundaire wikkeling is op LUISTEREN geschakeld.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-8: Praktische schema van de HOORN OPNEMER, deel 1.

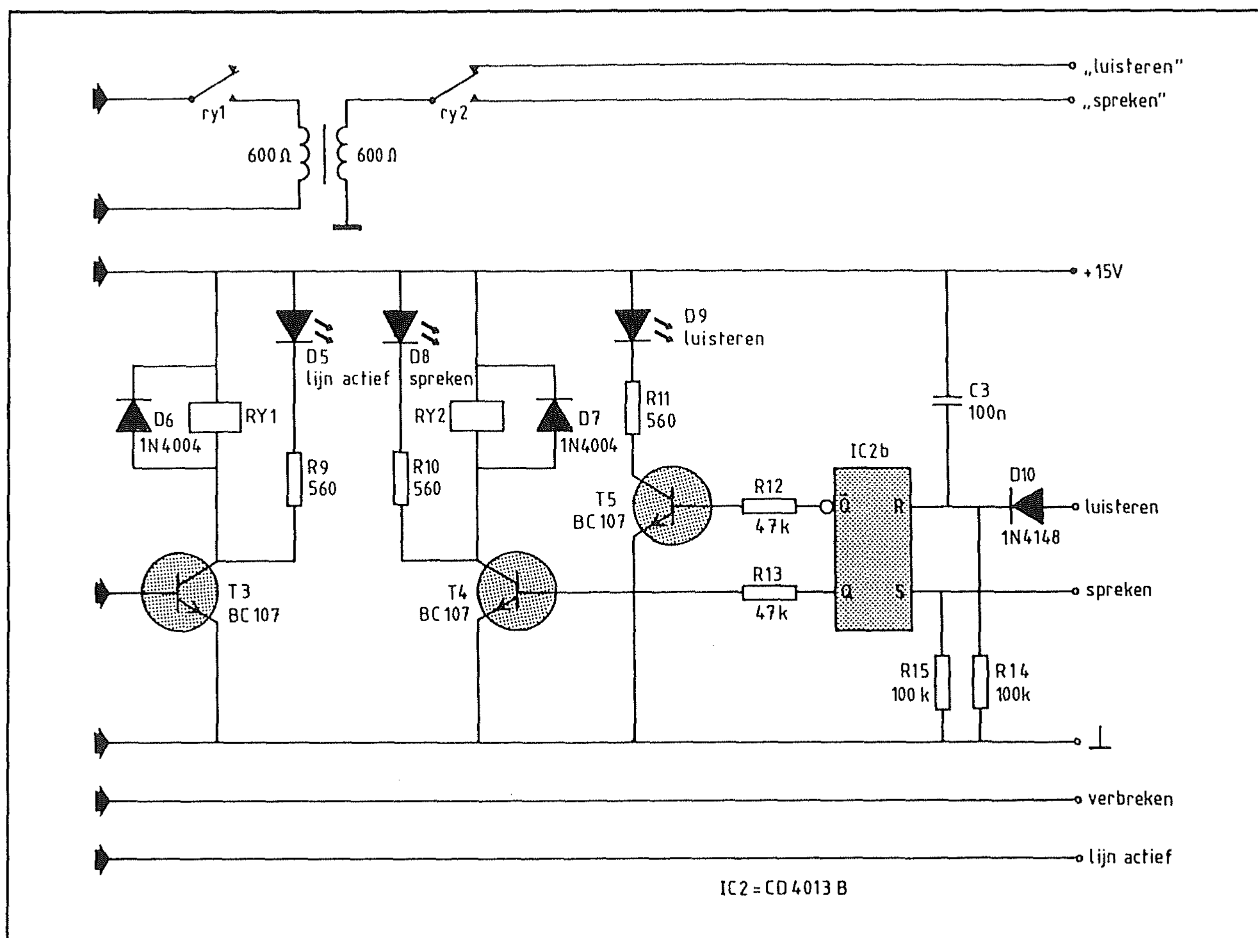
Wordt het abonneenummer waarop de schakeling is aangesloten opgebeld, dan levert de BEL DETECTOR een reeks keurige pulsjes van +15 V. Nu is het in principe mogelijk onmiddellijk bij het ontvangen van de eerste belpuls de schakeling te activeren en de lijnverbinding tot stand te brengen. Dit is echter niet zo verstandig! De meeste mensen zijn nu eenmaal gewend dat de bel enige malen overgaat alvorens de hoorn aan de andere kant van de lijn wordt opgenomen. Om deze traditie te handhaven is een vertrager tussengeschakeld, die de bel ongeveer 6 á 7 maal laat rinkelen.

Na ongeveer 6 oproeptoontjes levert de vertrager een positieve puls aan de SET van de eerste flip-flop. Deze schakeling klapt om en stuurt het relais dat schakelaar S1 onder zijn hoede heeft. De 600 Ω primaire weerstand van de trafo wordt over de PTT-lijn geschakeld, er gaat stroom door de keten vloeien en de centrale denkt dat de hoorn van de haak is genomen en brengt de verbinding tot stand.

Flip-flop 2 staat nog steeds in zijn resetpositie, het signaal op de lijn wordt door de trafo in een 1/1-verhouding via de relaisschakelaar S2 naar de uitgang LUISTEREN doorgekoppeld.

Het setten van flip-flop 1 heeft tot gevolg dat de uitgang LIJN ACTIEF op +15 V komt te staan.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-9: Praktische schema van de HOORN OPNEMER, deel 2.

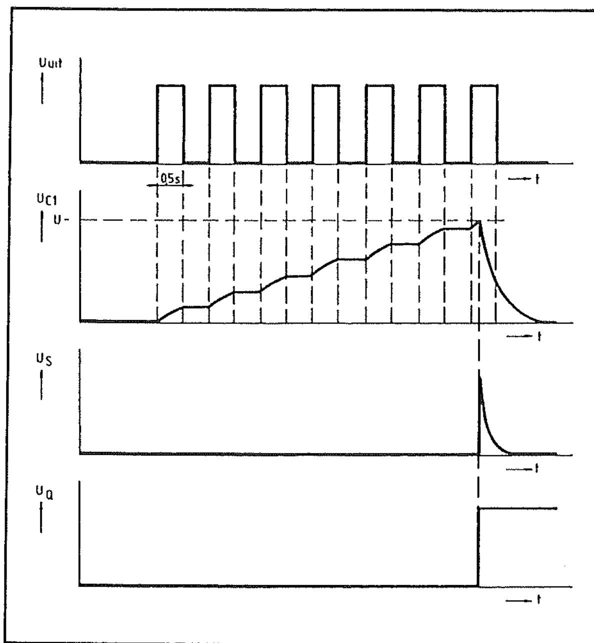
Dit signaal kan in de op de HOORN OPNEMER volgende schakeling worden gebruikt om iets te activeren.
De schakeling heeft drie stuuringangen, die alle drie positief actief zijn. Dat wil zeggen dat men er een positieve puls moet op aanleggen om de functie te activeren. Met SPREKEN en LUISTEREN kan men de tweede flip-flop respectievelijk setten en resetten, waardoor in het eerste geval S2 omschakelt en de ingang SPREKEN met de trafo wordt verbonden. Men kan nu een signaal op de lijn zetten. Een positieve puls op de ingang LUISTEREN reset flip-flop 2, waardoor S2 terug schakelt naar de getekende stand. De ingang VERBREKEN reset de eerste flip-flop, waardoor S1 weer opent, de resistieve belasting van de lijn wegvalt en de centrale de verbinding verbreekt.

Het praktische schema

Het praktische schema van de automatische hoornopnemer is getekend in de figuren 4/14.54-8 en -9. De bespreking van de werking wordt in enige paragraafjes opgesplitst. Maar eerst enige algemene gegevens. De twee flip-flop's zitten in één IC, namelijk een CD4013BE, een IC dat deel uitmaakt van de tak der type-RS flipflop's. Deze IC's hebben, naast de twee uitgangen Q en $\overline{Q}$, twee ingangen R en S. Een positieve spanning op deze ingangen zal de schakeling ofwel resetten ofwel set-

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

ten. In het eerste geval wordt de Q-uitgang laag en de $\overline{Q}$-uitgang hoog, in het tweede geval draaien deze niveaus om en wordt Q hoog en $\overline{Q}$ laag.



Figuur 4/14.54-10: De timing-diagrammen van de vertrager.

De automatische reset

Bij het aanleggen van de voedingsspanning kunnen de RS flip-flop's zowel in de set- als in de reset-stand terecht komen. In deze toepassing is het echter noodzakelijk dat de twee schakelingen bij het opstarten gereset worden. De twee reset-ingangen zijn aangesloten op RC-netwerkjes C2-R7 en C3-R14. Bij het aanleggen van de voedingsspanning zullen de (ontladen) condensatoren zich gaan opladen tot de voedingsspanning. Er vloeit een stroom door de serieschakeling van R en C, de spanning op de reset wordt gelijk aan de voedingsspanning. De condensatoren van 100 nF zijn echter in een fractie van een seconde opgeladen. Na oplading wordt de stroom gelijk aan nul en de reset-ingangen worden via de weerstanden R7 en R14 met de massa verbonden. Er ontstaan dus korte positieve pulsjes op de reset-ingangen, die er voor zorgen dat de twee flip-flop's bij het inschakelen van de voeding in de reset-stand terecht komen.

De relais-kringen

De twee relais worden via schakeltransistoren T3 en T4 gestuurd uit de Q-uitgangen van de flip-flop's. Deze zijn na een reset laag, staan dus op 0 V. De transistoren sperren, de relais worden niet bekrachtigd. De relaisschakelaars staan in de getekende stand. De primaire wikkeling van de trafo is open, de secundaire wikkeling is verbonden met de uitgang “LUISTEREN”.

De vertrager

De werking van de vertrager wordt besproken aan de hand van de grafieken van figuur 4/14.54-10. De uitgang van de BEL DETECTOR gaat enerzijds naar de basis van transistor T1 en anderzijds naar de niet-inverterende ingang van de operationele versterker IC1.
De transistor is alleen aanwezig voor het sturen van de belindicator D3.
De BEL DETECTOR levert positieve pulsjes af als het belsignaal op de lijn wordt gezet. Deze sturen via R1 en D1 transistor T1 in geleiding, waardoor de LED D3 oplicht telkens als er een serie belpulsen op de lijn wordt gezet. In principe is de zenerdiode D1 niet noodzakelijk. De BEL DETECTOR levert immers pulsen af die heen en weer springen tussen 0 V en +15 V.
De ervaring heeft echter geleerd dat vele nabouwers de onhebbelijke gewoonte hebben een CA3140 operationele versterker te vervangen door een 741.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

In de meeste gevallen gaat dat goed, maar hier niet! De 741 kan zijn uitgang immers niet naar de negatieve voeding trekken. Zou men de op-amp in de BEL DETECTOR vervangen door een 741, dan zou de uitgangsspanning in rust op ongeveer +1,5 V blijven staan. Genoeg om een transistor in geleiding te sturen! Vandaar de zenerdiode, die er voor zorgt dat T1 niet kan geleiden tenzij de ingangsspanning groter wordt dan ongeveer + 3 V.
De belpulsen laden via weerstand R2 en diode D2 de condensator C1 op. De spanning over de condensator wordt aangeboden aan de niet-inverterende ingang van de als comparator geschakelde operationele versterker IC1. De inverterende ingang van dit onderdeel is verbonden met een vaste referentiespanning, afgeleid van de spanningsdeler R4-R5. De inverterende ingang staat dus op ongeveer +10 V. De uitgang van de comparator blijft op 0 V tot de spanning op de niet-inverterende ingang tot boven deze +10 V gestegen is.
Bij iedere positieve puls op de ingang zal condensator C1 ietsjes opladen. Tussen twee belpulsen kan het onderdeel niet ontladen, daar zorgt de diode D2 voor. De spanning over de condensator stijgt dus trapvormig totdat de spanning gestegen is tot de drempel U- van de comparator. Dit gebeurt bij de zesde of de zevende belpuls. De spanning op de niet-inverterende ingang van de operationele versterker wordt groter dan de spanning op de inverterende ingang. De uitgang van de op-amp wordt positief.
Deze positieve spanning set de flip-flop IC2a. De Q-uitgang wordt hoog, gelijk dus aan +15 V.
Via weerstand R8 wordt transistor T3 in geleiding gestuurd. Het relais RY1 wordt bekrachtigd, de schakelaar S1 van dit onderdeel sluit, de primaire wikkeling van de trafo wordt via de doorverbinding op de print van de BEL DETECTOR met de PTT-lijn verbonden.
De hoge spanning op de Q-uitgang van de flip-flop heeft echter ook tot gevolg dat transistor T2 via weerstand R6 in geleiding wordt gestuurd. De condensator C1 wordt onmiddellijk ontladen. De uitgang van de comparator gaat weer naar massa, de set-ingang wordt gedeactiveerd.
Door het in geleiding komen van transistor T3 wordt ook LED D5 geleidend. Deze LED licht op als teken dat de lijnverbinding tot stand is gekomen.
De hoge uitgang op Q gaat rechtstreeks naar de uitgang LIJN ACTIEF en kan worden gebruikt voor het activeren van de uitbreidingsschakeling.
Een positieve puls op de ingang VERBREKEN reset flip-flop IC2a via de diode D4. De Q-uitgang wordt laag, het relais valt af en de LED dooft. De verbinding tussen de PTT-lijn en de trafo wordt verbroken. Transistor T2 gaat sperren, de vertrager is klaar voor het ontvangen van een nieuwe serie belpulsen.

Het secundaire circuit

Het secundaire circuit bestaat uit niets andere dan een tweede flip-flop IC2b met twee uitgangstrappen en een set- en reset-ingang.
Door het aanleggen van een positieve puls op de set-ingang klapt de schakeling om. De Q-uitgang wordt hoog en stuurt het relais RY2 en de LED D8. Schakelaar S2 klapt om, de ingang SPREKEN is nu met de secundaire wikkeling van de trafo verbonden en men kan een signaal op de PTT-lijn sturen. Een positieve puls op de ingang LUISTEREN reset de flip-flop waardoor het relais afvalt, de LED dooft en weer naar LUISTEREN wordt omgeschakeld.

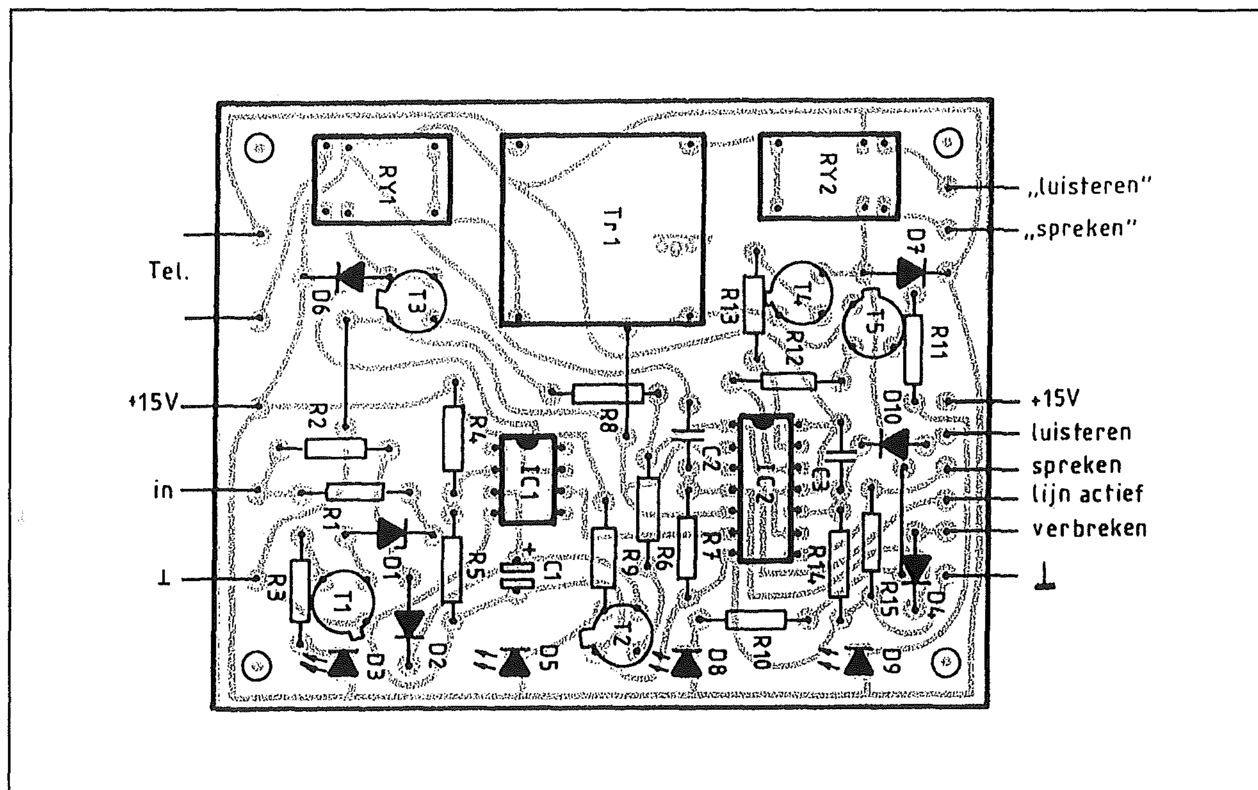
14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

ONDERDELENLIJST

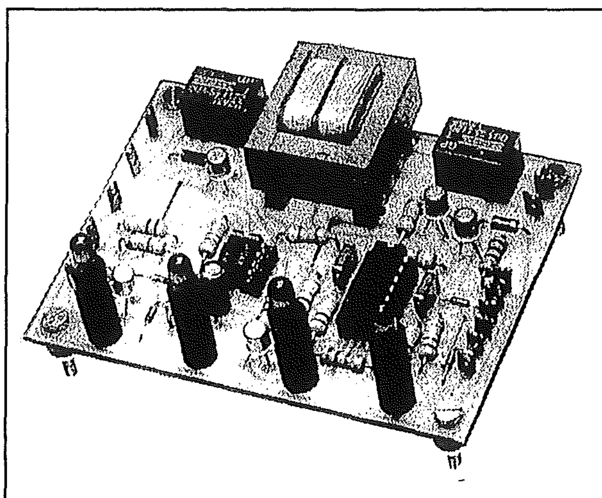
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1,R6,R8,R12,R13	47 kΩ
R2,R7,R14,R15	100 kΩ
R3,9,R10,R15	560 Ω
R4	4,7 kΩ
R5	10 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	22 µF 16 V print-elco
C2,C3	100 nF MKH
HALFGELEIDERS	
D1	zenerdiode, 3,3 V, 400 mW
D2,D4,D10	1N4148
D3,D5,D8,D9	LED, 5 mm, rood
D6,D7	1N4004
T1,T2,T3,T4,T5	BC107
IC1	CA3140, mini-DIL, op-amp
IC2	CD4013B, dubbele RS flip-flop
DIVERSEN	
1	IC-voetje, 8 pennen
1	IC-voetje, 14 pennen
1	"modem"-trafo, 2 x 600 Ω
2	print-relais, zie tekst
4	afstandsbusje, 20 mm
13	printsoldeerlipje

Bouw van de schakeling
De print voor de HOORN OPNEMER is weer getekend op de transparante pagina, aan het einde van dit hoofdstuk. Deze heeft dezelfde breedte als de print van de BEL DETECTOR. Bovendien staan de aansluitlipjes die naar de print van de detector moeten gaan op dezelfde plaats aan de linker zijkant van de print, zodat men slechts vijf korte draadbruggetjes nodig heeft om beide schakelingen met elkaar te verbinden.
De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.54-11. Let op de drie draadbruggetjes! Het toegepaste model "modemtrafo" past in een 20x20 mm raster. Als de gekochte zijn pootjes even ver uit elkaar heeft staan moet men er op letten dat het onderdeel niet verkeerd in de print wordt gezet! Even doormeten met een universeelmeter tussen welke aansluitingen de twee wikkelingen staan!
De vier LED's worden via 20 mm lange kunststof afstandsbusjes op de print gesoldeerd.
De afgeplatte kant van het LED-lichaam wijst de kathode-aansluiting aan.
Figuur 4/14.54-12 geeft een impressie van de kant-en-klare print van de HOORN OPNEMER.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-11: De componentenopstelling van de HOORN OPNEMER.

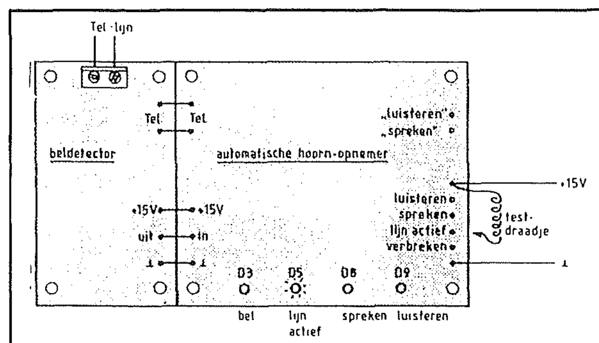


Figuur 4/14.54-12: Het proto-type van de HOORN OPNEMER.

Testen van de schakeling

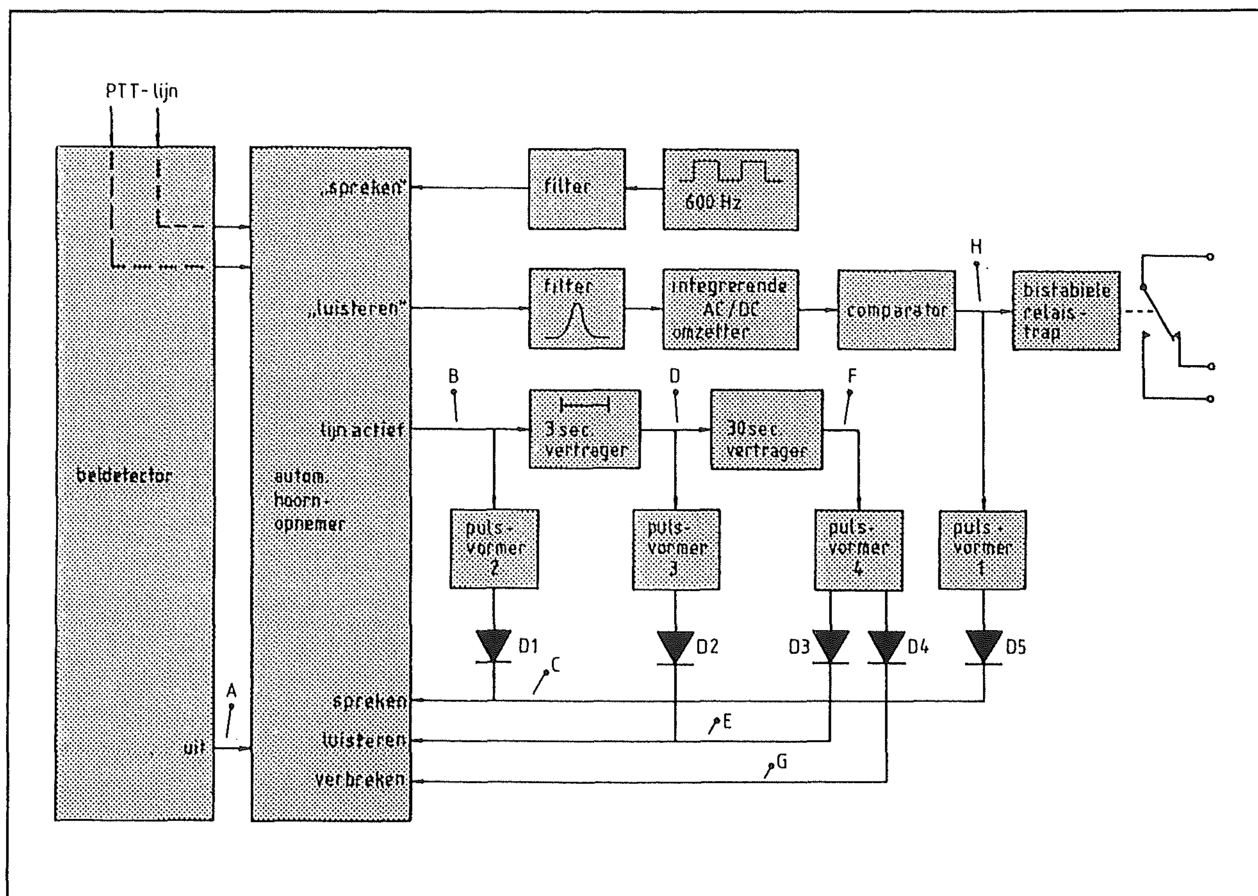
De printen van de BEL DETECTOR en de HOORN OPNEMER worden volgens het schema van figuur 4/14.54-13 met elkaar verbonden. Verbindt de ingang van de BEL DETECTOR met de PTT-lijn, parallel aan de bestaande telefoon en sluit een voedingsspanning van +15 V aan tussen de massa en de +15 V soldeerlipjes. Zet ook een testdraadje, waarmee de besturingspulsjes kunnen worden toegevoerd, op de +15 V klem. Bij het inschakelen van de voeding mag alleen LED D9 (LUISTEREN) gaan branden en mag men geen van de relais horen inschakelen.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



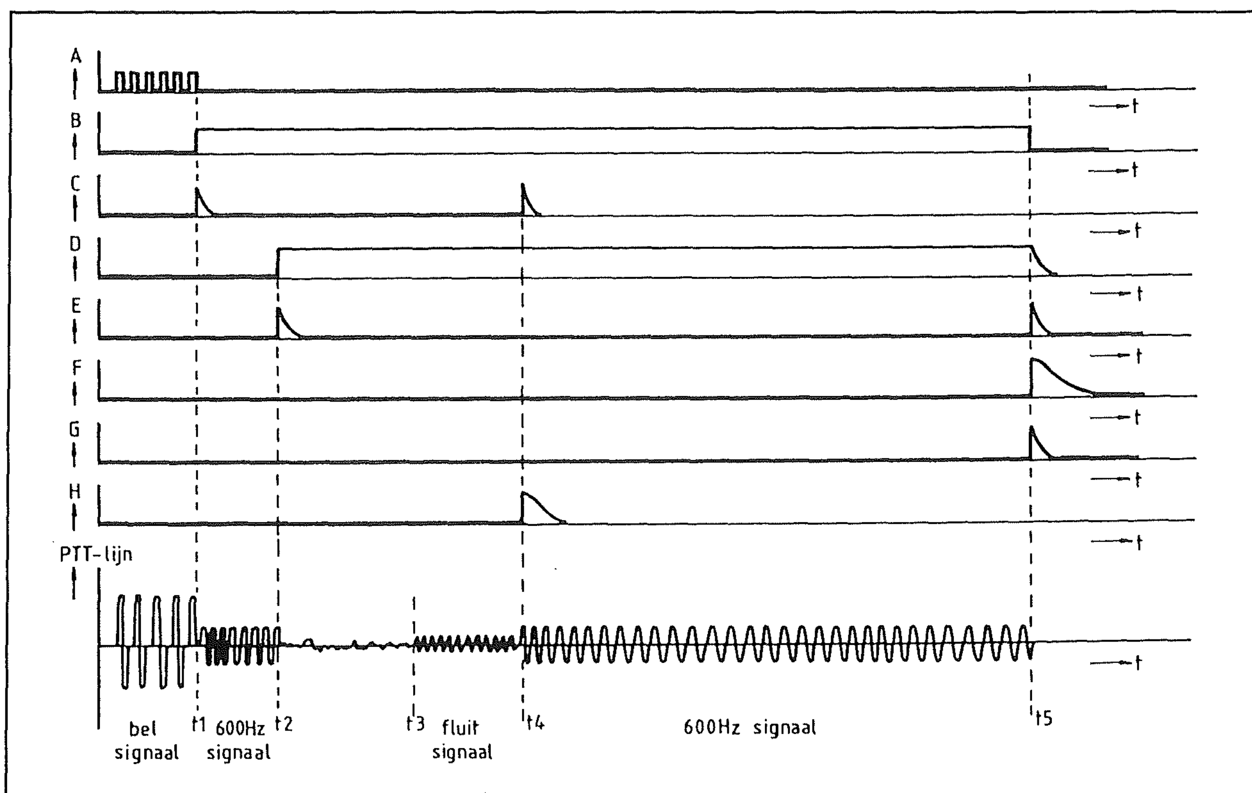
Figuur 4/14.54-13: Het testen van de combinatie BEL DETECTOR en HOORN OPNEMER.

Laat nu iemand het betreffende nummer bellen. Neem uiteraard niet op bij het rinkelen van de telefoonbel! Iedere keer als de bel rinkelt moet de LED D3 (BEL) oplichten. Na ongeveer 6 á 7 belletjes hoort men relais RY1 inschakelen en moet LED D5 (LIJN ACTIEF) gaan branden. De telefoon moet nu ophouden met bellen, de schakeling heeft immers "de hoorn opgenomen" en de verbinding is geactiveerd.
Meet men een universeelmeter of er een spanning van ongeveer +15 V aanwezig is op de uitgang LIJN ACTIEF. Raak met het testdraadje even de ingang LIJN VERBREKEN aan.
Het relais moet uitschakelen, de LED D5 doven. Zet het testdraadje afwisselend op de ingangen SPREKEN en LUISTEREN. Het tweede relais moet in- en uitschakelen, de LED's D8 en D9 afwisselend gaan branden.



Figuur 4/14.54-14: Het blokschema van de BESTURING.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-15: Timing-diagram van de BESTURING.

BESTURING

Blokschema

De BESTURING is een vrij ingewikkelde schakeling en het is dus zonder meer noodzakelijk de schakeling eerst oppervlakkig te benaderen aan de hand van een blokschema. Dit schema is getekend in figuur 4/14.54-14, de werking wordt toegelicht met het algemene timing-diagram van figuur 4/14.54-15 als hulpmiddel.

Bij het oproepen van het toestel (tijdstip voor t1) worden er door de centrale belpulsen op de lijn gezet. De BEL DETECTOR zet deze om in mooie positieve pulsjes van +15 V (signaal A). Deze worden door de HOORN OPNEMER gedetecteerd. Na 6 tot 7 pulsjes wordt de uitgang LIJN ACTIEF van deze schakeling hoog (tijdstip t1 van signaal B). De overgang van laag naar hoog van dit signaal wordt door de pulsvormer 2 omgezet in een smalle positieve puls van 15 V. Deze puls wordt via diode D1 doorgekoppeld naar de besturingslijn SPREKEN van de HOORN OPNEMER, zie signaal C op tijdstip t1. De HOORN OPNEMER, die bij het inschakelen van de voeding automatisch in de stand LUISTEREN wordt gezet zal nu omschakelen naar SPREKEN. Het uitgangssignaal van de 600 Hz blokgolfoscillator wordt via een filter aangeboden aan de secundaire wikkeling van de modemtrafo in de HOORN OPNEMER. Dit filter zet de blokgolf om in iets dat ongeveer op een sinus lijkt en zorgt er bovendien voor dat de PTT-lijn niet overstuurd wordt.

Vanaf tijdstip t1 wordt dus een 600 Hz sinusvormig signaal op de PTT-lijn gezet, Het bewijs dat men het goede nummer

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

gedraaid heeft en met de eigen telefoonaansluiting verbonden is.
Ondertussen stuurt de hoge spanning op de uitgang LIJN ACTIEF de ingang van de 3 seconde vertrager. Na drie seconde wordt de uitgang van deze schakeling hoog (signaal D op tijdstip t2). Pulsvormer 3 zal deze overgang omzetten in een smalle positieve puls, die via diode D2 op de besturingslijn LUISTEREN terecht komt, zie signaal E op tijdstip t2.
De hoornopnemer komt in de stand LUISTEREN te staan, het 600 Hz signaal valt weg van de lijn en de ingang van het filter wordt via het interne relais en de uitgang LUISTEREN op de print van de HOORN OPNEMER met de PTT-lijn verbonden.
Tussen tijdstip t2 en t3 gebeurt er niets. Op tijdstip t3 is het zover, men fluit in de hoorn en dit sinusvormige signaal met een frequentie van ongeveer 1,5 kHz komt via de gedienstige PTT, de print van de BEL DETECTOR en de print van de HOORN OPNEMER terecht op de ingang van het filter. Uiteraard is dit filter afgestemd op de fluitfrequentie van 1,5 kHz. De versterkte uitgang wordt gelijkgericht door een integrerende AC/DC-omzetter. Deze levert een langzaam stijgende uitgangsspanning zolang het uitgangssignaal van het filter voldoende groot is. Valt de uitgangsspanning van het filter echter onder een bepaalde drempel, al is het maar voor even, dan gaat de uitgang van de integrerende omzetter onmiddellijk terug naar nul en moet men opnieuw beginnen.
De uitgang van de integrerende gelijkrichter wordt aangeboden aan de ingang van een comparator. Als het fluitsignaal gedurende ongeveer 3 seconde ononderbroken wordt ontvangen klapt deze comparator om.

LET OP! Het is echt noodzakelijk dat het gefluit ***ononderbroken*** doorgaat. Als men even aarzelt zal de AC/DC-omzetter zijn uitgang naar nul sturen en moet men opnieuw 3 seconde fluiten om de uitgangsspanning van de integrator boven de drempel van de comparator te brengen.
Op tijdstip t4 is het gelukt! De uitgangsspanning (H) van de comparator wordt hoog. De laag naar hoog overgang van deze spanning wordt door pulsvormer 1 omgezet in een smalle positieve puls die via diode D5 de besturingsingang SPREKEN van de HOORN OPNEMER stuurt. Zie ook signaal C op tijdstip t4 in de grafieken van figuur 4/14.54-15.
De HOORN OPNEMER schakelt over op SPREKEN en de uitgang van de 600 Hz generator wordt weer met de lijn verbonden.
Ondertussen heeft de hoge uitgang van de comparator de bistabiele relaistrap gestuurd. Het relais wordt geactiveerd, de schakelaar klapt om.
Omdat het filter nu weer losgekoppeld is van de PTT-lijn zal het filter geen signaal ontvangen. De uitgang H van de comparator wordt weer laag. Omdat de relaisschakeling bistabiel werkt, maakt dit niets uit. Het relais blijft aangetrokken totdat men de voeding uitschakelt. Eventueel bestaat de mogelijkheid de schakeling met de voeding verbonden te houden en het relais uit te schakelen door een druk op een knopje.
Aan het 600 Hz toontje op de lijn hoort men dat het gefluit het gewenste resultaat heeft gehad. Men kan nu rustig de hoorn op de haak leggen. Het hoge signaal op D heeft immers ondertussen de 30 seconde vertrager gestuurd. Na afloop van deze tijd levert deze schakeling een hoge uitgangsspanning af, zie signaal F op tijdstip

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

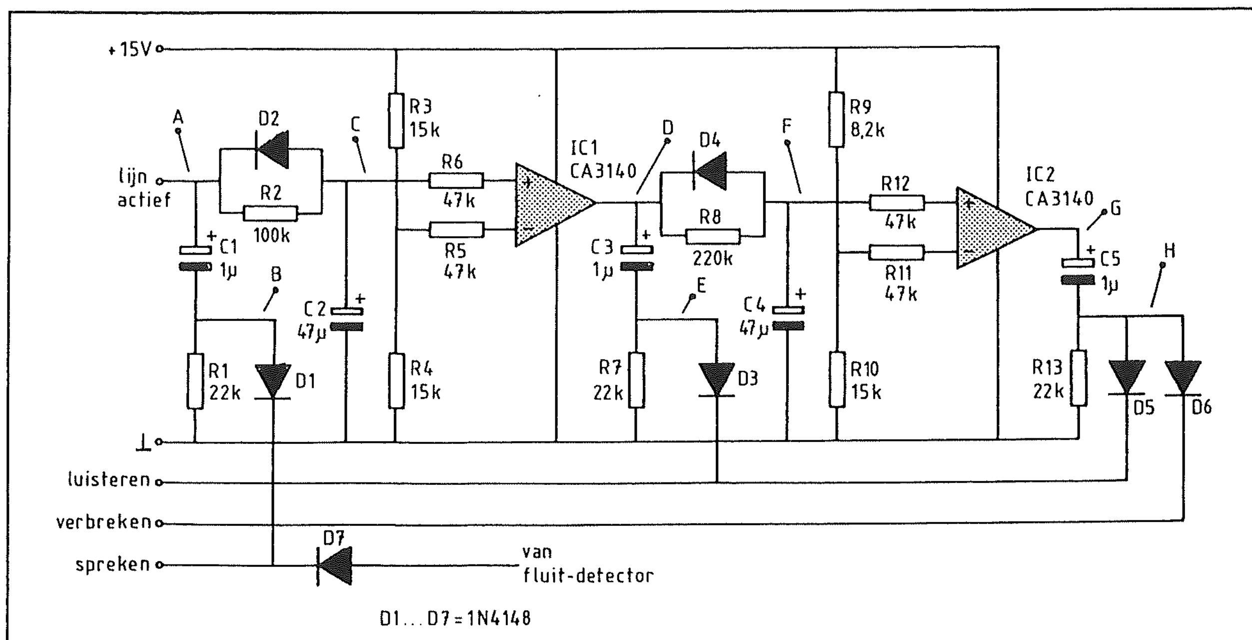
t5. Pulsvormer 4 zet deze laag-naar-hoog overgang om in een smalle positieve puls, die via de dioden D3 en D4 de besturingslijnen LUISTEREN en VERBREKEN stuurt. De eerste actie schakelt de HOORN OPNEMER in de beginstand LUISTEREN, de tweede actie onderbreekt de verbinding tussen de modemtrafo en de PTT-lijn.
Het uitgangssignaal LIJN ACTIEF wordt weer laag, zie signaal B op tijdstip t5 en dit heeft tot gevolg dat de uitgangssignalen D en F van beide vertragers weer naar nul gaan.
Het gehele systeem staat nu weer in de ruststand, een eventueel binnenkomend gesprek van een opbeller wordt op de juiste manier afgehandeld.
Het blokschema bestaat uit drie rijen blokjes. De onderste rij blokjes zou men de besturingsschakeling kunnen noemen. De middelste rij bevat de elektronica die het fluitsignaal bewerkt en zou men de fluitdetector kunnen noemen. De twee blokjes van de bovenste rij zou men de 600 Hz zender kunnen noemen.

Opmerking
Noteer dat de bistabiele relaistrap alleen kan ***ingeschakeld*** worden via de telefoon! In de uitvoering zoals hier beschreven is het dus niet mogelijk de verwarming of wat dan ook door middel van een tweede fluitconcert weer uit te zetten.
Een handige doe-het-zelver is echter best in staat de schakeling op deze manier uit te breiden. Het volstaat de bistabiele relaistrap die nu is uitgerust met een thyristor, te voorzien van een als tweedeler geschakelde flip-flop. Door de H-uitgang van de comparator te verbinden met de clock-ingang van deze flip-flop zal de schakeling bij iedere oproep omschakelen. Als men het relais dan met de Q-uitgang van de flip-flop verbindt zal dit na de eerste oproep inschakelen en na de tweede weer uitschakelen.
Ontwerper dezes kon echter geen zinvolle toepassingen van een aan/uit-systeem bedenken, vandaar dat de basisuitvoering alleen inschakelt.

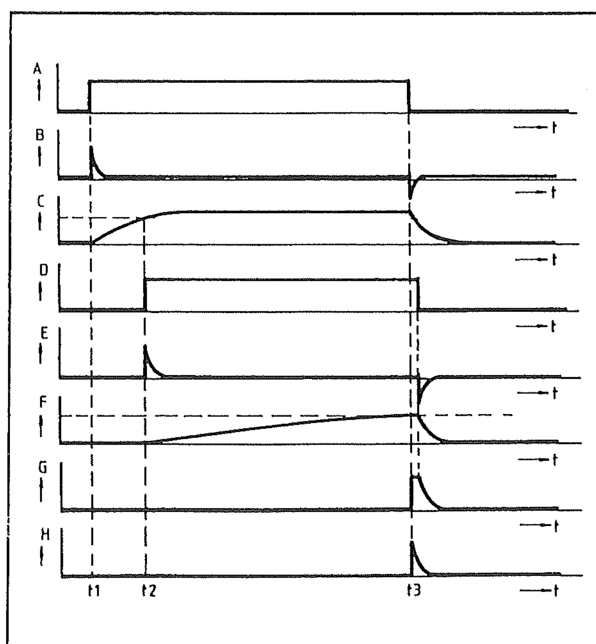
De praktische schakeling
In de volgende paragraafjes wordt de praktische schakeling van de BESTURING aan de hand van de genoemde indeling besproken.

De besturingsschakeling
De praktische uitwerking van de besturingsschakeling is getekend in figuur 4/14.54-16. De werking wordt besproken aan de hand van het timing-diagram van figuur 4/14.54-17.
Op tijdstip t1 wordt de uitgang LIJN ACTIEF (signaal A) gelijk aan +15 V. Deze spanning wordt aangeboden aan de R/C-kring C1-R1. De condensator was ontladen en op t1 zal dus de volle spanning van +15 V over de weerstand staan. De stroom die door de serieschakeling vloeit laadt de condensator op. Het gevolg is dat de spanning over de condensator zeer snel stijgt en de spanning over de weerstand zeer snel afneemt. In de praktijk komt het er op neer dat er over de weerstand R1 een smalle naaldvormige positieve puls van 15 V ontstaat (signaal B).
Zo'n netwerkje noemt men een differentiator en zo'n R/C-kring wordt steeds gebruikt als men een zeer smalle puls uit een bredere moet afleiden. De smalle positieve puls stuurt diode D1 in geleiding, de besturingslijn SPREKEN wordt even positief. Lang genoeg om de flip-flop in de HOORN OPNEMER te laten omslaan en de schakeling in de SPREEK-stand te zetten.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-16: Het praktisch schema van de besturingsschakeling.



Figuur 4/14.54-17: Timing-diagram van de besturingsschakeling.

De positieve spanning op de uitgang LIJN ACTIEF gaat condensator C2 via weerstand R2 opladen. Diode D2 spert en kan dus buiten beschouwing worden gelaten. De spanning over de condensator (signaal C) gaat exponentieel stijgen naar +15 V. Deze spanning wordt via weerstand R6 aangeboden aan de niet-inverterende ingang van de operationele versterker IC1. De inverterende ingang is via weerstand R5 aangesloten op een spanningsdeler R3/R4. Beide weerstanden zijn even groot, de inverterende ingang staat dus op een spanning van ongeveer +7,5 V. Zolang de spanning over condensator C2 kleiner is dan deze drempelwaarde zal de uitgang van de op-amp op nul staan. Na ongeveer 3 seconde, om precies te zijn op tijdstip t2, wordt de spanning over C2 groter dan de genoemde drempel. De spanning op de niet-inverterende ingang van IC1 wordt groter dan de spanning op de inverterende ingang. De uitgang van de op-amp loopt vast tegen de voeding en wordt dus gelijk aan +15 V, zie ook signaal D op tijdstip t2.

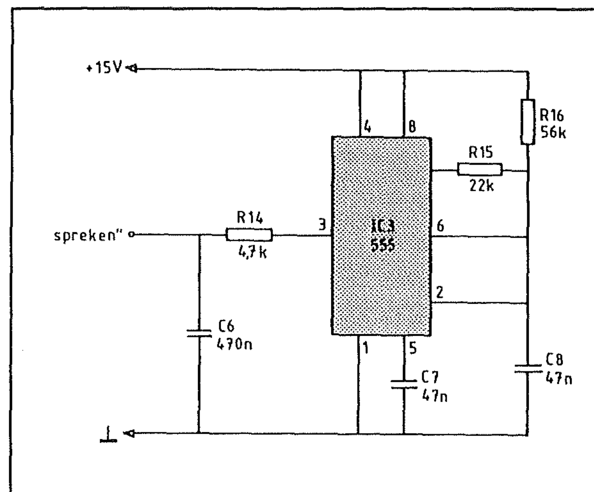
Dit signaal wordt op de reeds beschreven manier gedifferentieerd door het netwerk C3/R7. De smalle naaldvormige positieve puls E gaat via de geleidende diode D3

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

naar de besturingsingang LUISTEREN. De flip-flop in de HOORN OPNEMER klapt om, het bijbehorende relais slaat om en de secundaire wikkeling van de modem-trafo wordt met de uitgang LUISTEREN verbonden.
Vervolgens gaat condensator C4 via weerstand R8 opladen uit de hoge uitgangsspanning van de eerste operationele versterker. Ook deze spanning gaat naar de niet-inverterende ingang van een op-amp, nu IC2. Ook deze inverterende ingang is aangesloten op een spanningsdeler, nu samengesteld uit de weerstanden R9 en R10. De tweede trap werkt dus op precies dezelfde manier als de eerste. Enig verschil is dat de laadweerstand van C4 twee keer groter is en de drempelspanning op de inverterende ingang hoger ligt. Het duurt dus veel langer alvorens de condensator C4 tot deze drempel is opgeladen. Na ongeveer 30 seconde (tijdstip t3) is het zover. De uitgang van IC2 wordt hoog, dit signaal wordt gedifferentieerd en de naaldpuls H die daarvan het gevolg is levert de besturingspulsen voor de lijnen LUISTEREN en VERBREKEN.
Het signaal LIJN ACTIEF wordt laag. Diode D2 gaat geleiden waardoor de condensator C2 erg snel wordt ontladen (zie signaal C na tijdstip t3).
Even na t3 is de spanning over de condensator gedaald tot onder de drempel van de eerste operationele versterker. De uitgang van dit IC wordt weer laag, zie signaal D na t3. Condensator C4 ontlaadt via de diode D4 naar de lage uitgang van IC1. Even later klapt IC2 om, de uitgang wordt laag. Het volledige besturingssysteem bevindt zich in de startpositie.

De 600 Hz zender

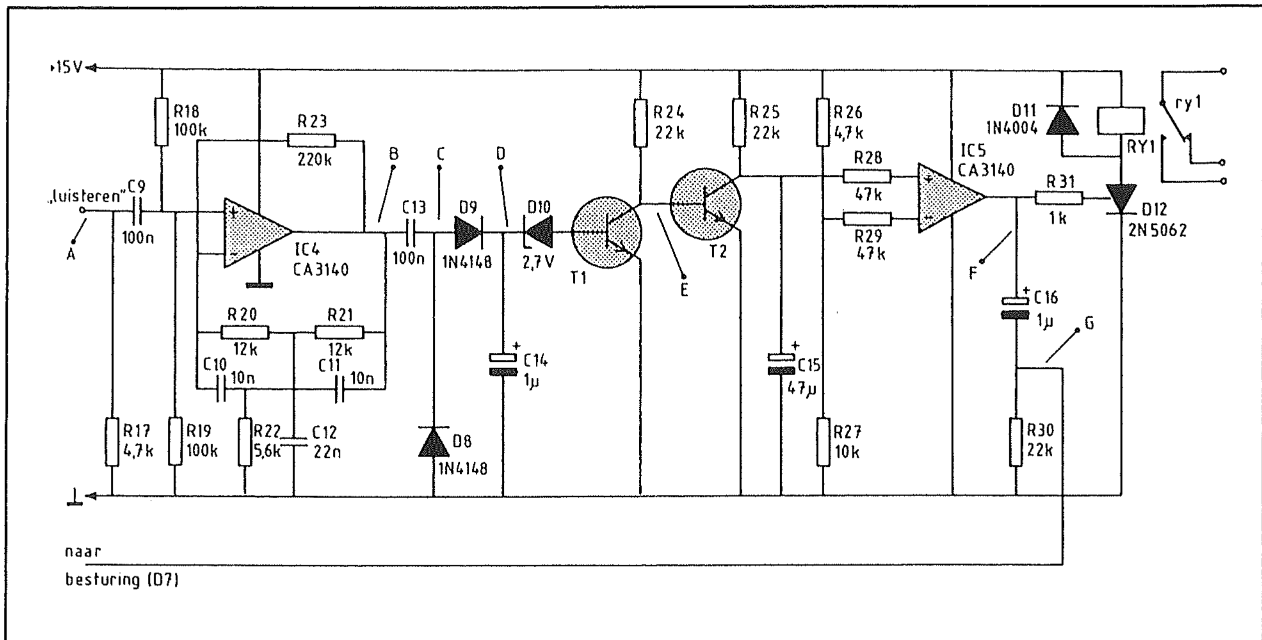
Het eenvoudige praktische schema van de 600 Hz zender is getekend in figuur 4/14.54-18. Hart van de schakeling is een timer van het type 555. Deze is geschakeld als astabiele multivibrator, echter op een iets andere manier dan het standaardschema voorschrijft.



Figuur 4/14.54-18: Het schema van de 600 Hz generator.

Het voordeel van deze schakeling is dat de multivibrator een symmetrische uitgangsspanning genereert. De blokspanning met een amplitude van 15 V op pen 3, de uitgang van de schakeling, gaat via een RC-filtertje naar de ingang SPREKEN van de HOORN OPNEMER. Dit passief netwerkje vormt een zeer eenvoudig laagdoorlaat filter met een steilheid van 6 dB per octaaf. Meer dan genoeg om de blokken om te vormen tot een min of meer sinusvormig signaal. Bovendien vormt de weerstand R14 met de secundaire impedantie van de modem-trafo een spanningsdeler die ervoor zorgt dat het signaal dat op de PTT-lijn wordt gezet binnen de perken blijft.
De oscillator is vrijlopend, wekt dus steeds een uitgangsspanning op. Het activeren gaat via de besturingsschakeling die het relais in de secundaire wikkeling van de modemtrafo stuurt.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-19: Het praktisch schema van de fluitdetector.

De fluitdetector

Het praktische schema van de fluitdetector is wel iets ingewikkelder en getekend in figuur 4/14.54-19. De schakeling wordt beschreven aan de hand van het timingdiagram van figuur 4/14.54-20.

De ingang A wordt via het relais in de HOORN OPNEMER op de gewenste momenten verbonden met de secundaire wikkeling van de modemtrafo. Het lijnsignaal wordt via scheidingscondensator C9 aangeboden aan de ingang van het afgestemde filter.

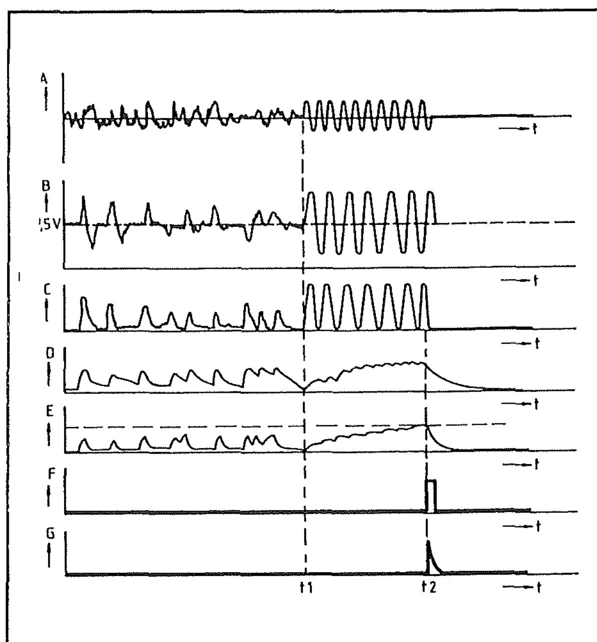
Deze schakeling is samengesteld uit een operationele versterker IC4 en een dubbel-T netwerk R20, R21, R22, C10, C11 en C12.

Deze componenten zijn zo geselecteerd dat het filter signalen met een frequentie van 1,5 kHz maximaal versterkt en alle andere signalen minder versterkt of zelfs verzwakt. De weerstand R23, aangebracht tussen de uitgang en de inverterende ingang zorgt voor een zekere mate van tegenkoppeling waardoor de maximale versterking van het filter weliswaar afneemt maar waardoor zeker is dat de schakeling nooit uit zichzelf gaat oscilleren. Bovendien neemt de bandbreedte toe zodat het niet noodzakelijk is precies op de resonantiefrequentie van het filter te fluiten. Een iets lagere of hogere fluittoon is ook goed.

Het ingangssignaal op punt A is afkomstig van de secundaire wikkeling van de modemtrafo in de HOORN OPNEMER. Deze wikkeling ligt met één aansluiting aan de massa van de schakeling. Het signaal is dus sinusvormig en varieert rond de nul.

Nu staat er slechts één voedingsspanning ter beschikking, namelijk +15 V. Het is dus noodzakelijk het ingangssignaal te superponeren op een instelspanning die midden in het voedingsbereik ligt. Vandaar de twee even grote weerstanden R18 en R19, die de ingang van het filter instellen op de helft van de voedingsspanning. Het signaal wordt via de scheidingscondensator C9 op deze instelspanning gesuperponeerd.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-20: Het timing-diagram van de fluitdetector.

Een en ander heeft echter wél tot gevolg dat ook de uitgangsspanning van het filter rond deze instelspanning van +7,5 V varieert, zie signaal B in de grafieken van figuur 4/14.54-20. Het versterkte signaal moet weer van deze gelijkspanning gescheiden worden. Daarvoor wordt een zogenaamd clampfiltertje gebruikt, samengesteld uit de condensator C13 en de diode D8. De condensator spert de gelijkspanning. Zonder diode zou echter de spanning na de condensator weer rond de nul gaan variëren, hetgeen problemen zou opleveren bij de gelijkrichting van het signaal.
De diode D8 zorgt er echter voor dat de spanning na de condensator niet kleiner kan worden dan -0,7 V. Als de spanning op punt C lager wil worden gaat de diode geleiden. De stroom die door de serieschakeling van diode en condensator vloeit zorgt ervoor dat de condensator wordt ontladen totdat de rechter plaat van het onderdeel op de geleidingsspanning van de diode staat. Het signaal op de PTT-lijn is dus omgezet in een alleen positief variërend signaal, waarbij de componenten met een frequentie rond 1,5 kHz behoorlijk versterkt zijn. Uit dit signaal moet een eenduidige besturingspuls voor de relaisschakeling worden afgeleid.
Dit gebeurt in drie stappen.
Allereerst wordt het signaal gelijkgericht door diode D9 en afgevlakt door condensator C14. Over dit laatste onderdeel ontstaat dus een gelijkspanning dat de toppen van het signaal redelijk nauwkeurig volgt. Uit experimenten is gebleken dat de spanning op de PTT-lijn behoorlijk in waarde toeneemt als men in de hoorn gaat fluiten. Waarschijnlijk heeft het microfoonkapseltje een resonantiefrequentie die in de buurt van de 1,5 kHz ligt. Van dit verschijnsel wordt dankbaar gebruik gemaakt om een eerste barrière op te werpen die het reageren van het relais op spraak moet voorkomen. Transistor T1 gaat alleen geleiden als de spanning over de condensator C14 stijgt tot boven de doorslagspanning van de zenerdiode D10. Bij gewone spraak gebeurt het maar zelden dat de spanning na de gelijkrichter zo groot wordt. Het eerste filter dat de schakeling alleen laat regeren op een aanhoudende fluittoon! Het tweede filter, de integrerende schakeling rond de twee transistoren, is nog veel effectiever. In rust spert transistor T1. Zijn soortgenoot T2 zal via R24 basisstroom trekken en geleiden. De collector wordt met de massa verbonden, de condensator C15 is volledig ontladen. Stel nu dat er een kort sterk spraaksignaaltje binnenkomt dat de zener barrière D10 overwint. T1 gaat even geleiden, waardoor T2 gaat sperren en de condensator C15 via weerstand R24 gaat opladen.

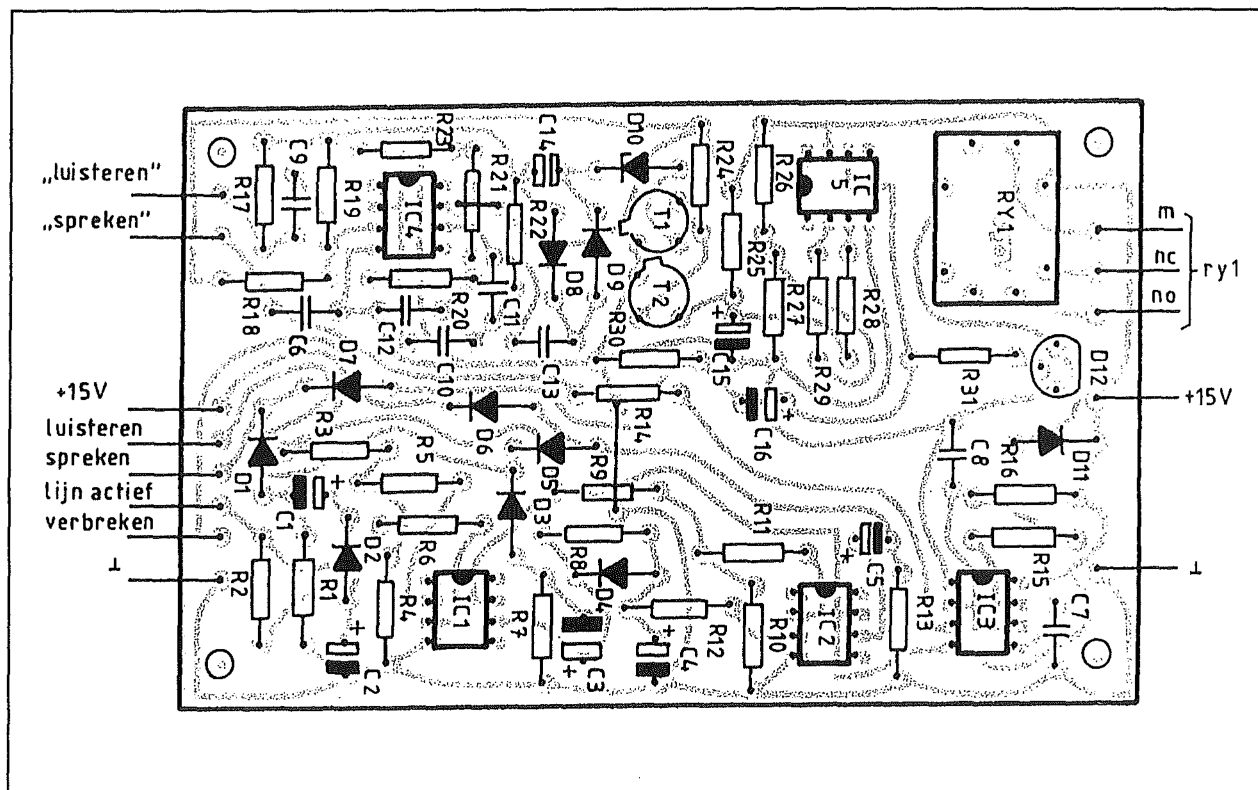
14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %			
R1,R7,R13,R15,R24,R25,R30	22 kΩ		
R2,R18,R19	100 kΩ		
R3,R4,R10	15 kΩ		
R5,R6,R11,R12,R28,R29	47 kΩ		
R8,R23	220 kΩ		
R9	8,2 kΩ		
R14,R17,R26	4,7 kΩ		
R16	56 kΩ		
R20,R21	12 kΩ		
R22	5,6 kΩ		
R27	10 kΩ		
R31	1 kΩ		
CONDENSATOREN			
C1,C3,C5,C14,C16	1 µF	16 V print-elco	
C2,C4,C15	47 µF	16 V print-elco	
C6	470 nF	MKH	
C7,C8	47 nF	MKH	
C9,C13	100 nF	MKH	
C10,C11	1 nF	MKH	
C12	22 nF	MKH	
HALFGELEIDERS			
D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10	1N4148		
D10	zenerdiode, 2,7 V, 400 mA		
D11	1N4004		
D12	thyristor, 100 mA 2N5062		
T1,T2	BC107		
IC1,IC2,IC4,C5	CA3140, mini-DIL, op-amp		
IC3	555, mini-DIL, timer		
DIVERSEN			
1	printrelais, zie tekst		
5	IC-voetje, 8 pennen		
13	printsoldeerlipje		

Deze weerstand is vrij groot, de condensatorspanning stijgt dus maar zeer geleidelijk. Op het moment dat het sterk spraaksignaaltje wegvalt gaat T1 weer sperren en T2 geleiden. De condensator C15 wordt nu onmiddellijk ontladen.
Men kan besluiten dat bij normale spraak op de lijn de spanning over de condensator nooit groter kan worden dan enkele volt. Alleen als er een aanhoudende fluittoon op de lijn wordt gezet zal T2 zo lang in sper worden gestuurd dat de spanning over de condensator C15 tot een behoorlijk grote waarde kan stijgen.
Kijk maar naar de grafieken waar de situatie bij het ontvangen van een minstens drie seconde durend fluitsignaal is voorgesteld tussen de tijdstippen t1 en t2.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-21: De componentenopstelling van de BESTURING.

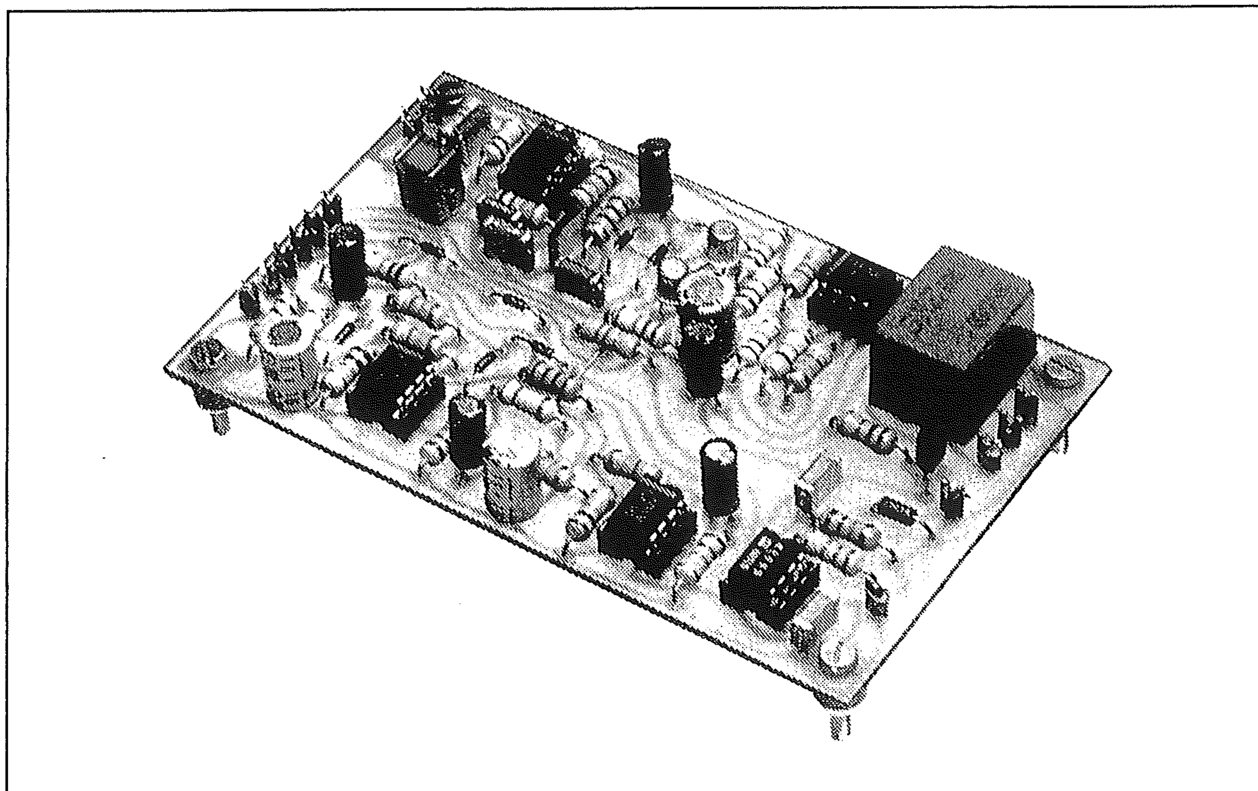
De spanning over de condensator C15 wordt in een comparator IC5 vergeleken met een referentiespanning. Alleen als de condensatorspanning tot boven deze drempel is gestegen zal de uitgang van de comparator hoog worden. Deze hoge spanning stuurt via weerstand R31 een stroompuls in de gate van de thyristor D12. Dit onderdeel ontsteekt, de spoel van het relais RY1 komt onder spanning te staan en het relaiscontact schakelt om. Tezelfdertijd wordt uit de laag naar hoog overgang op de uitgang van de comparator een smalle positieve puls afgeleid door de differentiator C16/R30. Deze positieve naaldpuls G wordt op de reeds beschreven manier gebruikt om via diode D7 in de HOORN OPNEMER deze schakeling van LUISTEREN naar SPREKEN om te schakelen. De 600 Hz toon wordt weer op de lijn gezet als bewijs dat de schakeling op de fluittoon heeft gereageerd en de belasting heeft ingeschakeld.

Bouw van de schakeling

Voor deze vrij ingewikkelde schakeling is een brede print ontworpen, die weer bij figuur 4/14.54-3 op de transparante pagina staat. Deze print past bij de eerder gepubliceerde printen van de BEL DETECTOR en de HOORN OPNEMER. Het geheel kan dus op een zeer eenvoudige manier worden samengebouwd tot een werkende schakeling.

De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.54-21. Voor de thyristor werd een 2N5062 van Motorola gebruikt, maar men kan hier gelijk welke laagvermogen thyristor gebruiken met een maximale stroom van 100 mA. De foto van figuur 4/14.54-22 geeft een impressie van het proto-type van de BESTURING.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-22 Het proto-type van de besturing.

Testen van de schakeling

In eerste instantie wordt de print van de BESTURING verbonden met de print van de HOORN OPNEMER. Alle soldeerlipjes aan de rechterkant van laatstgenoemde print worden doorverbonden met de lipjes aan de linkerkant van de eerste print. Het geheel wordt met een spanning van +15 V verbonden. Met behulp van een draadje met krokodilklemmetjes verbindt men de ingang van de HOORN OPNEMER met de +15 V. Na enige seconde gaat de LED LIJN ACTIEF branden. Tezelfdertijd moet de LED LUISTEREN doven en de LED SPREKEN gaan branden. Na ongeveer 4 seconde moet de schakeling weer omschakelen naar de stand LUISTEREN. Men raakt nu even de stuuringang SPREKEN aan met het +15 V draadje. De LED SPREKEN gaat branden. Na ongeveer 30 seconde moet de LED LUISTEREN weer gaan branden en de LED SPREKEN doven. Tezelfdertijd moet de LED LIJN ACTIEF uit gaan. Als dit alles naar wens verloopt is men er zeker van dat het besturingssysteem goed werkt. Voor het testen van de fluitdetector sluit men een 12 V lampje in serie met het normaal geopende relaiscontact aan tussen de massa en de +15 V voeding. De print van de BEL DETECTOR wordt in het systeem opgenomen. Men belt vriend of vriendin op en legt de hele situatie uit. Nadien vervangt men de telefoon door de printencombinatie en laat vriend of vriendin opbellen, wachten tot de 600 Hz toon is afgelopen en fluiten. Als de schakeling reageert op het toontje gaat het lampje branden. Het volledige proces kan dank zij de controle-LED's op de print van de HOORN OPNE-

MER ook zonder meetapparatuur gevolgd worden.

De relais

Inleiding
In deze schakeling worden drie relais gebruikt, twee in de print van de HOORN OPNEMER en een in de print van de BESTURING.
Het probleem met relais is dat er nauwelijks sprake is van enige standaardisatie!

De HOORN OPNEMER
In de HOORN OPNEMER is gekozen is voor een miniatuur relais van Meisei met als type-nummer M3S-12H. De aansluitgegevens en het printraster zijn getekend in figuur 4/14.54-23, boven. Wie deze relais niet kan vinden kan kiezen uit de volgende alternatieven:

- Siemens
  Siemens levert een reeks miniatuur printrelais onder de verzamelcode V23101. Het type M3-12H is volledig compatibel met de Meisei relais, die in het proto-type werden toegepast.
- Original
  Deze fabrikant levert onder typenummer OUA-SS-112D-12V een volledig compatibel relais. Dit relais heeft echter één aansluiting minder, omdat het moedercontact maar één keer naar buiten is gevoerd.
- SAX
  Ook deze Singaporeese fabrikant levert een identiek relais onder code 211C-DO12-P-B.

BESTURING
In deze schakeling werd een relais gebruikt van het merk Original, met als typenummer SRZ-S-212D1. Dit is een 12 V relais met twee wisselcontacten. De aansluitgegevens, bekeken van de bovenzijde, zijn getekend in de onderste tekening van figuur 4/14.54-23. Aan de hand van deze tekening en enige catalogi zal men wel iets passend kunnen vinden.

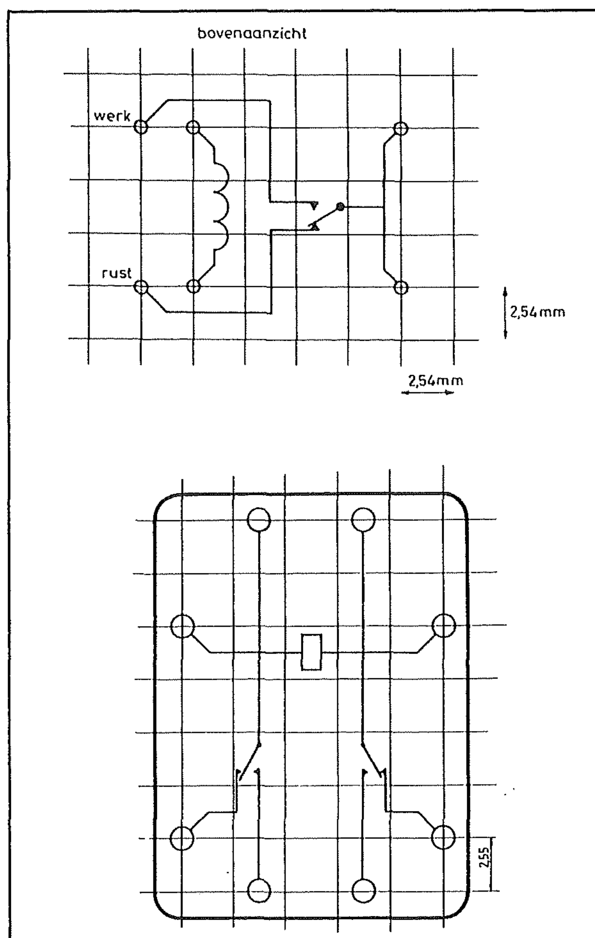
De schakeling in de praktijk

Samenbouw van de printen
De drie printen kunnen naast elkaar worden opgesteld op een plaatje aluminium en met korte draadjes doorverbonden. Door de uitgekiende lay-out van de printen volstaat het de tegenover elkaar liggende soldeerlipjes van de verschillende printen met behulp van korte draadeinden door te verbinden.
Het systeem eist een voedingsspanning van +15 V waaraan geen al te hoge eisen worden gesteld. Men kan een klein gestabiliseerd voedinkje ontwerpen met een 15 V stabilisator of het geheel voeden uit een netstekervoeding die een ***belaste*** spanning van ongeveer +15 V levert.
Iedere handige doe-het-zelver zal wel zonder problemen de contacten van het uitgangsrelais in de bedachte toepassing kunnen opnemen.

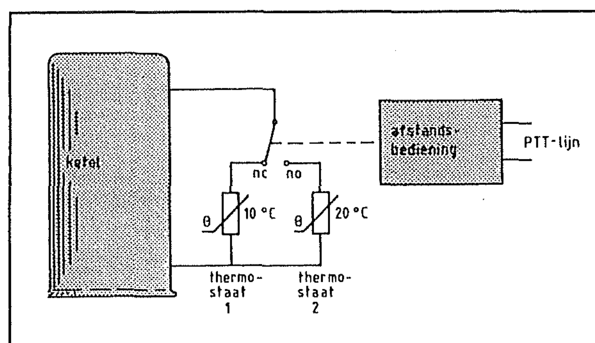
Voorbeeld:
thermostaat besturing
Als voorbeeld wordt even dieper ingegaan op een verwarmingsapplicatie. Het zal bekend zijn dat de meeste thermostaten bestaan uit een enkelvoudige schakelaar, die is opgenomen in een 24 V wisselspanningssysteem. Als de kamer waarin de thermostaat zich bevindt afkoelt tot onder

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net

de ingestelde temperatuur zal een met kwik gevuld buisje zo ver gaan hellen, dat het druppeltje kwik van de ene naar de andere kant rolt en het contact sluit.
In principe zou men het normaal geopend contact van het relais op de print van de BESTURING gewoon parallel kunnen schakelen aan het kwikcontact. Bij het verlaten van de woning zet men de thermostaat bijvoorbeeld op +10 °C, zodat het kwikbuisje het contact van de thermostaat opent. Ook het relaiscontact is open en de verwarming kan niet branden. Bij het activeren van de telefonische afstandsbesturing wordt het normaal geopende relaiscontact gesloten, dit overbrugt het kwikbuisje en de verwarming slaat aan.
Nadeel is dat de thermostaat nu is uitgeschakeld en de verwarming alleen nog maar regeert op de ketelthermostaat. Zou men door onvoorziene omstandigheden een grote vertraging in de thuisreis oplopen, dan kan het gebeuren dat men in een huis komt waar subtropische zwembadtemperaturen heersen!
Het is dus beter een tweede thermostaat in het systeem op te nemen en beide thermostaten door middel van het omschakelcontact van het relais met de verwarmingsketel te verbinden. Een en ander is geschetst in figuur 4/14.54-24.
Thermostaat 1 wordt ingesteld op de bij afwezigheid gewenste temperatuur (10 °C) en is verbonden met het normaal gesloten contact van het relais. Thermostaat 2 wordt ingesteld op 20 °C en via het normaal geopende contact met de ketel verbonden. Deze tweede thermostaat vervangt nummer 1 als het systeem wordt geactiveerd. Het kan nu nooit warmer worden dan 20 °C!

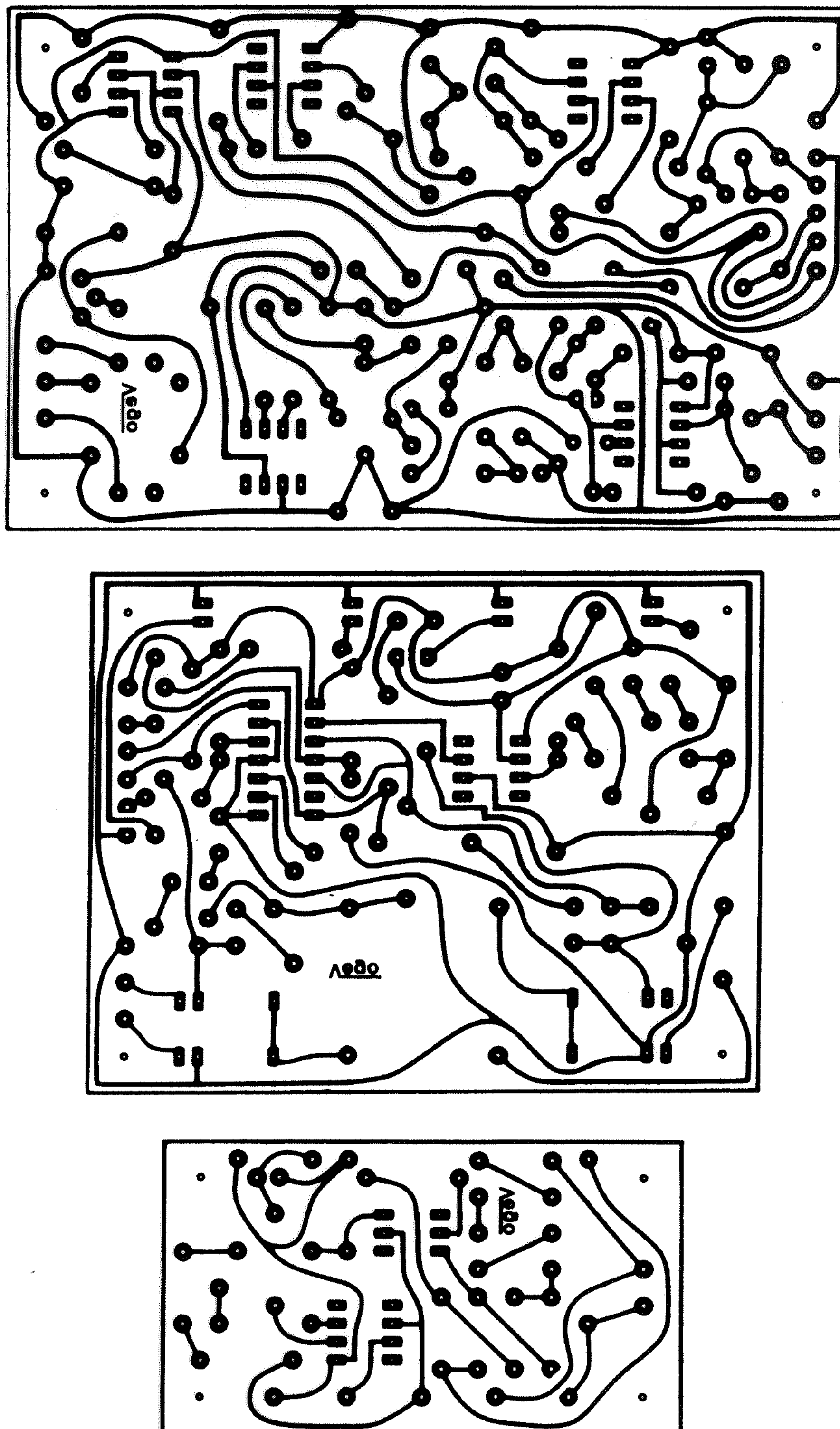


Figuur 4/14.54-23: Aansluitgegevens en raster van de in deze schakeling toegepaste relais.



Figuur 4/14.54-24: Het systeem toegepast als besturing van de verwarmingsketel.

14.54 Op afstand besturen via het PTT-net



Figuur 4/14.54-3: De printen voor, van onder naar boven, BEL DETECTOR, HOORN OPNEMER en BESTURING.

4/14.55

Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

Inleiding

De meeste digitale paneelmeters die tegenwoordig voor een paar tientjes worden aangeboden werken met een resolutie van 3,5 digit, drie-en-een-halve decade oftewel een meetbereik van +/-1,999 V. Meer dan nauwkeurig genoeg voor het overgrote deel van de metingen, maar af en toe mist men toch een vierde cijfertje. Zo kan men met een drie en een halve decade meter een spanning van bijvoorbeeld 25 V maar tot op 100 mV nauwkeurig meten. Onvoldoende voor het vaststellen van de temperatuursstabiliteit van een zelf ontworpen voeding!

Ook voor het meten van allerlei andere driftverschijnselen biedt een drie en een halve decade meter onvoldoende resolutie.

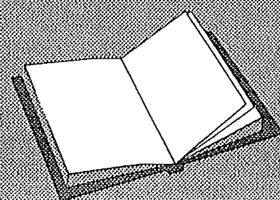
Gelukkig brengen diverse halfgeleiderfabrikanten IC's op de markt, waarmee zélf digitale meetinstrumenten met vier en een halve decade uitlezing zijn samen te stellen. Op dus naar de vier en halve decade, de nieuwe tendens in elektronische paneelmeters!

De TL500/TL502 combinatie

Een van de genoemde halfgeleiderfabrikanten is Texas Instruments, die reeds in 1979 een viertal IC's introduceerde, waarmee digitale voltmeters met een resolutie van 4,5-decade kunnen worden samengesteld.

Deze reeks bestaat uit twee zogenoemde "analoge processoren" (TL50OC en TL501C) en twee digitale processoren (TL502C en TL503C), die de gebruiker de keuze laat uit vier mogelijke analoog-naar-digitaal omzetters volgens het "dual slope"-principe. De TL500C heeft een resolutie van 14 bits, een lineariteitsfout van slechts 0,001 %, de TL501C daarentegen biedt een resolutie van "slechts" 10 tot 13 bits en een lineariteitsfout van 0,01 %. De digitale processoren leveren de stuursignalen voor het analoge deel van de schakeling in de TL500C en TL501C. Het verschil tussen beide digitale IC's is dat de TL502C rechtstreeks vijf zeven-segment uitlezingen kan aansturen en de TL508C gemultiplexte BCD-uitgangen levert. De TL500C vormt dus samen met de TL502C het hart van een zeer nauwkeurig 4,5 decade meetsysteem en vandaar dat deze twee IC's in dit bouwontwerp worden toegepast.

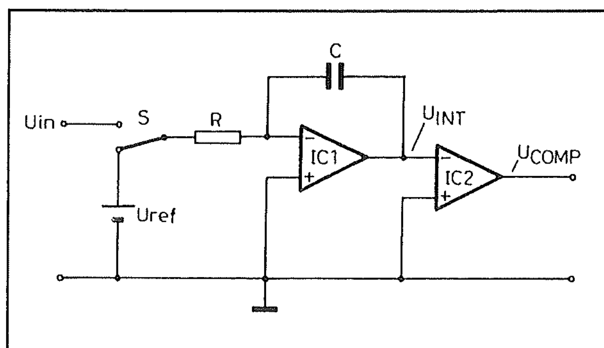
LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.2.1
Hoofdstuk 3/8.2.2
Hoofdstuk 4/7.17
Hoofdstuk 4/14.17
Hoofdstuk 6/6.1.1



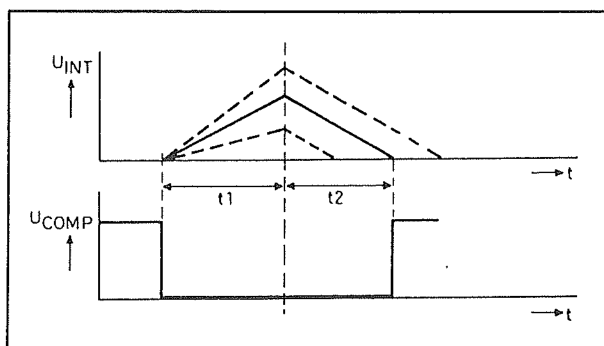
14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

Het principe van de "dual slope"

Het principe van analoog-naar-digitaal omzetting volgens het "dual slope" principe is geschetst in figuur 4/14.55-1. Rond een operationele versterker IC1 is een integrator opgebouwd met tijdconstante RC die, door middel van schakelaar S, de te meten ingangsspanning U_{in} of een zeer nauwkeurige en stabiele referentiespanning U_{ref} integreert. De uitgangsspanning van de integrator wordt in comparator IC2 vergeleken met de nul.



Figuur 4/14.55-1: Het principe van ADC volgens het "dual slope" principe.



Figuur 4/14.55-2: De timing-diagrammen van het schema van figuur 4/14.55-1.

Gedurende een bepaalde constante tijd t1 (zie figuur 4/14.55-2) wordt de ingangsspanning U_{in} geïntegreerd. Als men er van uitgaat dat de integratiecapaciteit C volledig was ontladen, dan zal de uitgangsspanning van de integrator na tijdsverloop t1 alleen maar worden bepaald door de grootte van de ingangsspanning. Alle andere factoren die de integrator definiëren (R, C en t1) zijn immers constant. Na t1 wordt de elektronische schakelaar omgeschakeld en zal de referentiespanning (die overigens de inverse polariteit van de ingangsspanning moet hebben) de condensator gaan ontladen.

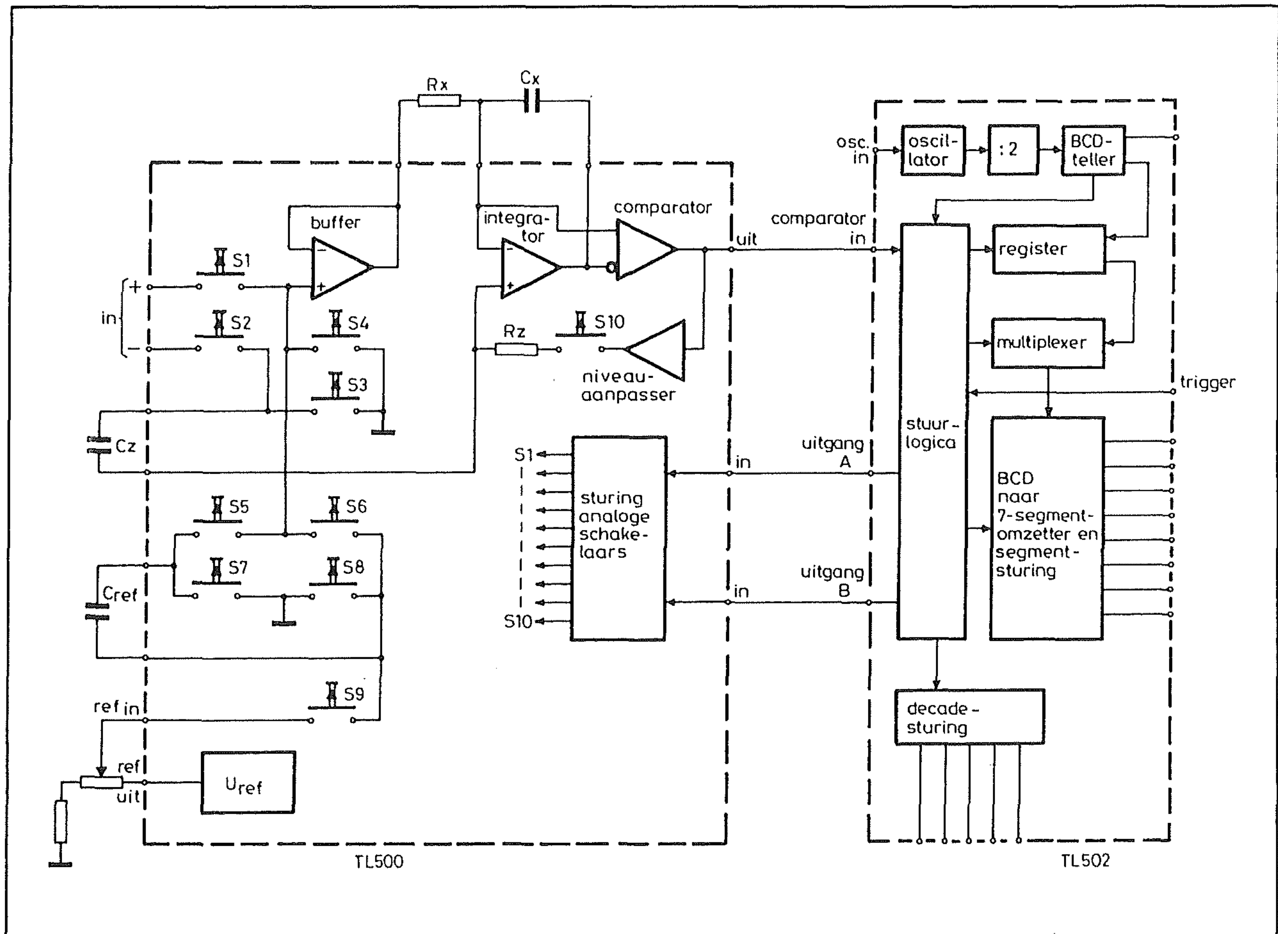
Het ligt voor de hand dat de tijdsduur t2 evenredig is met de grootte van de ingangsspanning. De ontlaadstroom, geleverd door de referentie, is immers constant en de ontlaadtijd tot nul wordt verder alleen maar bepaald door de grootte van de spanning na t1. Het volstaat dus gedurende t2 een teller te sturen met pulsen van een bepaalde frequentie en de tellerinhoud na t2 op een uitlezing zichtbaar te maken. Op de uitlezing verschijnt dan de numerieke waarde van de ingangsspanning.

Intern blokschema van de IC-combinatie

Figuur 4/14.55-3 geeft het intern blokschema van beide IC's weer, waaruit blijkt dat er toch wel wat meer nodig is dan het eenvoudige principeschema van figuur 4/14.55-1 suggereert. In de TL500C zitten een buffer, een integrator, een comparator, een niveau-aanpasser, een referentiespanningsbron en een schakeling, die de tien elektronische schakelaars, die de diverse schakelingen met elkaar doorverbinden, stuurt.

De digitale processor TL502 is samengesteld uit een oscillator, een tweedeler, een BCD-teller, een register, de stuurlogica voor het gehele systeem, een multiplexer en BCD-naar-zeven-segment sturing voor het aansturen van de uitlezing.

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter



Figuur 4/14.55-3: Het intern blokschema van de twee IC's van Texas Instruments.

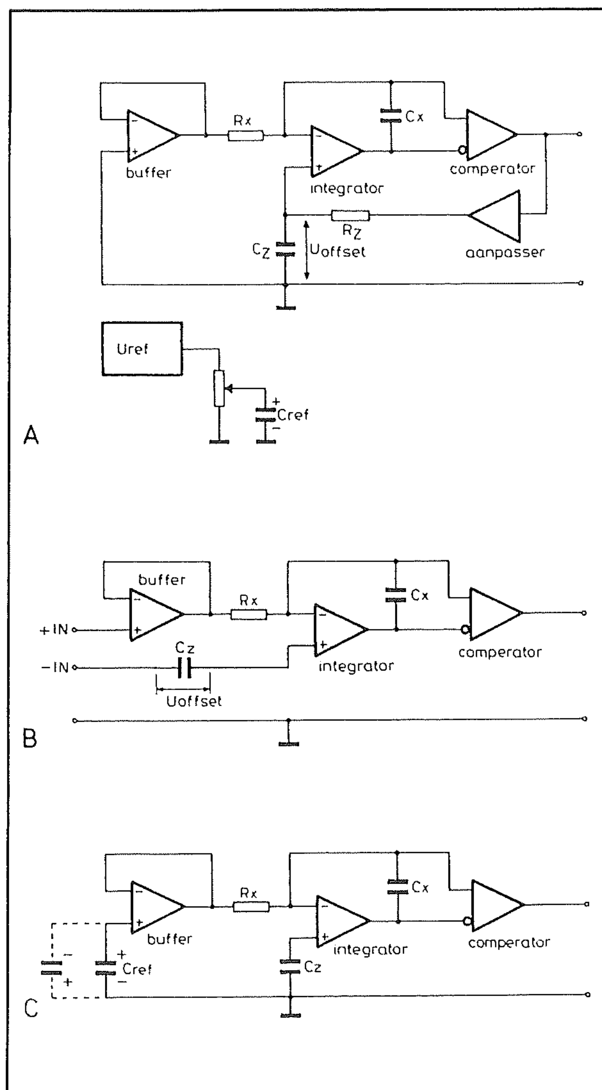
Een totale meetcyclus is samengesteld uit drie delen:

- Automatische nul
  Eerst een zogenoemde "automatische nul"-cyclus, die ervoor zorgt dat alle offset-spanningen van de analoge schakelingen automatisch worden gecompenseerd en er bij 0 V aan de ingang ook werkelijk 0000 op de uitlezing verschijnt.
- Integreer ingangsspanning
  Nadien de "integreer ingang"-cyclus, waarbij de ingangsspanning gedurende een bepaalde tijd met de integrator wordt verbonden.
- Integreer referentiespanning
  Tot slot de "integreer referentie"-cyclus, waarbij de integrator door de referentie weer tot 0 V wordt ontladen.

De tien elektronische schakelaars in de TL500 zorgen ervoor dat de diverse blokken op de voor iedere cyclus juiste manier worden doorverbonden. De stuurlogica in de TL502 zorgt er bovendien voor dat dit ook nog eens op het juiste ogenblik gebeurt. De oscillator en de BCD-teller vormen het hart van de besturingslogica. De teller heeft een cyclus van 40.000 eenheden, hij telt dus tot en met 39.999 en springt dan terug op nul.
De stuurlogica decodeert bepaalde tellerstanden en stuurt twee stuursignalen, con-

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

trol A en control B, naar de analoge processor. Uit de informatie op deze lijnen worden tien stuursignalen opgewekt, waarmee de tien elektronische schakelaars open of dicht worden gestuurd.

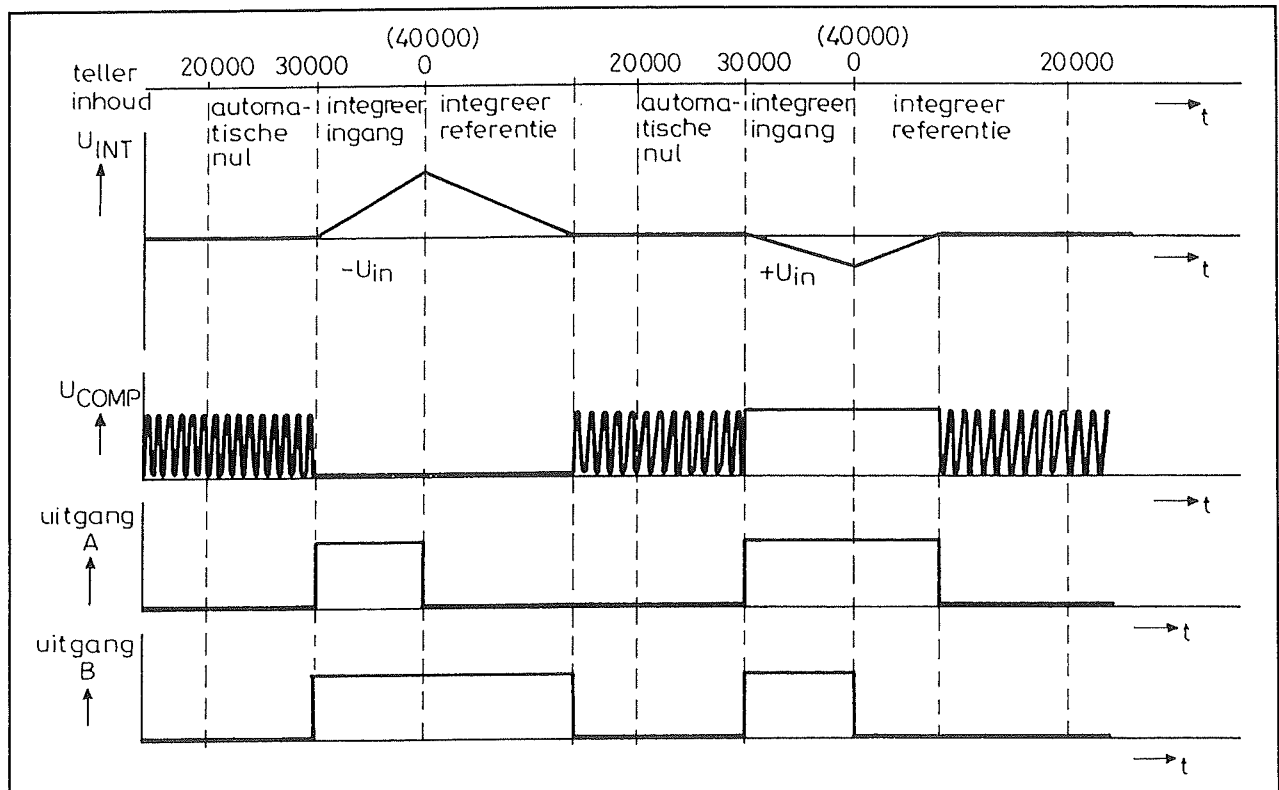


Figuur 4/14.55-4: De drie fasen van één meetcyclus gedetailleerd uitgetekend.

Beschrijving van een cyclus

De volledige cyclus wordt toegelicht aan de hand van figuur 4/14.55-4 en -5.
Een nieuwe meetcyclus start dadelijk na het einde van de vorige, indien de stuurschakeling in de digitale processor zowel control A als control B "L" maakt. Deze informatie wordt door de TL500 verwerkt en omgezet in stuursignalen, waardoor de schakelaars S3, S4, S7, S9 en S10 worden gesloten. Het schema van de analoge processor vereenvoudigt zich dan tot wat is getekend in schema A van figuur 4/14.55-4. C_{ref} wordt opgeladen tot de waarde van de referentiespanning. De ingang van de buffer wordt aan massa gelegd, rond de integrator en de comparator wordt een gesloten lus gevormd. De aanpasser heeft geen wezenlijke functie, hij past in feite alleen maar de uitgangsspanning van de schakeling aan de rest van de interne elektronica van het IC aan. Wat gebeurt er nu in deze "auto-zero"-mode? De buffer en de integrator hebben een bepaalde offset-fout. Hierdoor zal de uitgang van de integrator toch langzaam gaan stijgen of dalen, afhankelijk van de polariteit van de offset. Stel dat de uitgang gaat dalen. Het gevolg is dan dat de comparator omklapt en via de aanpasser een positieve spanning naar de RC-kring Cz-Rz stuurt. De spanning over de condensator stijgt, totdat deze gelijk wordt aan de offset-spanning. De uitgang van de integrator gaat dan niet verder stijgen, maar dalen. Na enige tijd wil de uitgang van deze schakeling negatief worden, de comparator klapt om. Cz gaat nu ontladen, het gevolg is dat de offset-spanning weer groter wordt dan de spanning over deze condensator en de integrator deze offset wederom gaat integreren. De uitgangsspanning van de integrator stijgt, op een bepaald ogenblik klapt de comparator om en het proces gaat zich herhalen. Over de condensator Cz ontstaat dus een driehoekvormige spanning, waarvan de gemiddelde waarde gelijk is aan de offsetfout van de schakeling.

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter



Figuur 4/14.55-5: De timing-diagrammen die de werking van de TL500/TL502 combinatie bepalen.

De uitgangsspanning van de comparator zal bovendien op een vrij hoge frequentie gaan oscilleren. Deze "automatische nul"-fase duurt tot de BCD-teller de inhoud 30.000 bereikt. Bij de volgende oscillatorpuls, dus bij tellerinhoud 30.001, worden zowel control A als control B gelijk aan "H".

De volgende fase is "integreer ingang"-fase. De TL500 sluit schakelaars S1 en S2 en het interne schema van het IC wordt zoals getekend in schema B van figuur 4/14.55-4. De te meten ingangsspanning wordt via de buffer, die zorgt voor een zeer hoge ingangsimpedantie van 10^9 Ω, aangeboden aan de ingang van de integrator. Let er op, dat de spanning over Cz nu in serie staat met de ingangsspanning! De fout, veroorzaakt door de offset van de schakelingen, wordt automatisch gecompenseerd! Het verschil tussen ingangsspanning en offset-fout wordt dus geïntegreerd, hetgeen tot gevolg heeft dat de uitgangsspanning van de integrator gaat stijgen voor negatieve ingangsspanningen en gaat dalen voor positieve ingangsspanningen. Deze fase duurt een bepaalde tijd, namelijk 10.000 klokpulsen van de BCD-teller.

Op het moment dat deze teller reset, dus bij de overgang van inhoud 39.999 naar 00.000, gaat de laatste fase van de meetcyclus in. Het is de bedoeling dat de uitgangsspanning van de integrator door middel van de referentiespanning, opgeslagen in C_{ref}, tot nul gaat ontladen. Er doet zich echter een complicatie voor. Zoals reeds geschreven moet de referentie de tegengestelde polariteit hebben van de ingangsspanning. De schakeling moet

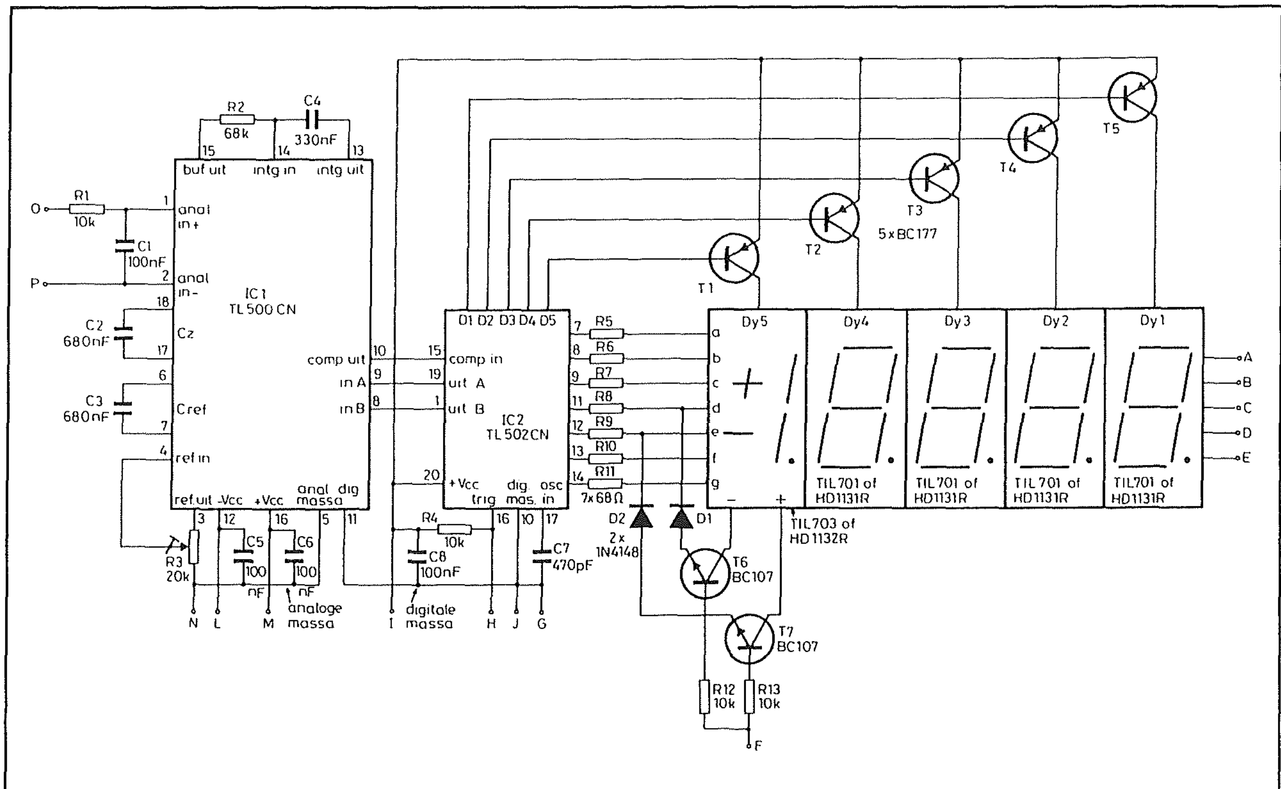
14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

onderzoeken of met een positieve dan wel met een negatieve ingangsspanning wordt gewerkt. De polariteit van de uitgangsspanning van de comparator geeft het antwoord: bij een negatieve ingangsspanning is deze "L", bij een positieve ingangsspanning is deze "H". Uit deze informatie leidt de stuurlogica in de TL502 de juiste combinatie van de twee stuursignalen voor de analoge schakelaars af. Voor een positieve ingangsspanning wordt uitgang A gelijk aan "H" en uitgang B gelijk aan "L". Voor een negatieve ingangsspanning is dat net andersom.
De TL500 zal dan of schakelaars S3, S6 en S7 sluiten of schakelaars S3, S5 en S8, waardoor de referentiespanning over C_{ref} op de juiste manier aan de ingang van de buffer wordt verbonden, zie schema C.
De "integreer referentie"-fase eindigt op het moment dat de integratorspanning gelijk wordt aan nul. De comparator klapt om en er gebeuren een aantal dingen.
Op de eerste plaats wordt de inhoud van de BCD-teller overgenomen door het register. Via de multiplexer en de zevensegment decodering verschijnt de tellerinhoud op de uitlezing. Het komt er dan alleen maar op aan, door het afregelen van de referentie-spanning en de juiste keuze van de oscillatorfrequentie, de "integreer referentie"-fase zo lang te maken, dat de inhoud van de teller overeen komt met de numerieke waarde van de ingangsspanning. Als men bijvoorbeeld een spanning van 1,3496 V aan de ingang legt, dan is het de bedoeling dat de teller tijdens deze fase precies 13.496 pulsen telt.
Op de tweede plaats zorgt het omklappen van de comparator voor het resetten naar "L" van de twee stuursignalen voor de analoge schakelaars, zodat de "automatische nul"-fase van de volgende meetcyclus start.

Natuurlijk heeft de stuurlogica van de TL502 nog andere functies.
Zo zorgt zij voor het opwekken van de polariteitssignalen, waarmee men desgewenst de polariteit van de ingangsspanning op de uitlezing zichtbaar kan maken. Daarnaast stuurt zij een onderdrukkingssignaal naar de uitlezing als de ingangsspanning groter of kleiner is dan respectievelijk + en -1,9999 V. Verder zorgt zij ervoor, dat de gemultiplexte zevensegment informatie synchroon loopt met het aansturen van de vijf decaden van de totale uitlezing.
Tot slot heeft de stuurlogica een extra ingang "trigger", waarmee men het resultaat van de laatste meting op de uitlezing kan "vasthouden" of "bevriezen".

Een praktisch schakelingetje
Figuur 4/14.55-6 geeft het schema van een schakeling voor een digitale paneelmeter met een meetgebied van +1,9999 V tot -1,9999 V. De te meten ingangsspanning wordt via de aansluitingen O en P via een RC-netwerkje R1-C1 aan de ingangen van de TL500CN aangeboden. De interne referentiespanning gaat via instelpotmeter R3 naar de analoge massa. De loper van deze instelpotentiometer stuurt de referentie-ingang van het IC. De voedingsspanningen (L en M) worden door middel van twee condensatoren C5 en C6 ontkoppeld. De interne oscillator van de TL502CN wordt door middel van een condensator van 470 pF (C7) ingesteld op een frequentie van 250 kHz. De triggeringang ligt via weerstand R4 aan de voedingsspanning, zodat het geheel meting na meting uitvoert.
Wil men de uitlezing "vasthouden" op de laatste meetwaarde, dan volstaat het deze ingang via aansluiting H met de digitale massa te verbinden.

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter



Figuur 4/14.55-6: Het praktisch schema van de paneelmeter.

De vijf decade-uitgangen D1 tot en met D5 sturen via de transistoren T1 tot en met T5 de anoden van de vijf zeven-segment uitlezingen met gemeenschappelijke anode. De kathode-aansluitingen worden uiteraard met elkaar doorverbonden en gaan via stroombegrenzingsweerstanden R5 tot en met R11 naar de segmentstuur uitgangen van IC2.
De + en - indicatie, die bij de toegepaste uitlezingen TIL703 of HD1132R afzonderlijk zijn uitgevoerd, worden gestuurd uit de d- en e-segment lijnen.
Voor sommige toepassingen, zoals het meten van wisselspanning of -stroom, weerstanden en temperaturen, is het verwarrend als de polariteit-indicaties oplichten. Vandaar dat beide aansluitingen van Dy5 door middel van de transistoren T6 en T7 extern stuurbaar zijn. Legt men aansluiting F aan de digitale massa, dan sperren de transistoren en zullen deze segmenten niet oplichten. Verbindt men F met de +5 V, dan gaan beide transistoren geleiden en branden de polariteit-indicaties. De decimale punten van de vijf uitlezingen zijn door middel van de aansluitingen A tot en met E extern bereikbaar.

De bouw van de schakeling

De schakeling is ondergebracht op twee kleine printjes, zie figuur 4/14.55-7 op de transparante printpagina, waarvan het de bedoeling is dat ze rug-tegen-rug worden gemonteerd en onderling doorverbonden met 18 draadjes. De componentenopstellingen van beide deelprinten zijn getekend in figuur 4/14.55-8.

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R4,R12,R13		10 kΩ
R2		68 kΩ
R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11		68 Ω
TWINTIG SLAGEN CERMET-INSTELPOTENTIOMETER		
R3		20 kΩ
CONDENSATOREN		
C1,C6,C6,C8	100 nF	MKH
C2,C3	680 nF	MKH
C4	330 nF	MKH
C7	470 pF	ceramisch
HALFGELEIDERS		
D1,D2		1N4148
T1,T2,T3,T4,T5		BC177
T6,T7		BC107
DY1,Dy2,Dy3,Dy4		TIL701, HD1131R
Dy5		TIL703, HD1132R
IC1		TL500CN
IC2		TL502CN
DIVERSEN		
1		mini-module haaks printdeel, 2.5MBPH
4		afstandsbusje, 5 mm
4		boutje, M3x15
4		moertje, M3

Soldeer alle onderdelen op beide printen. Monteer vervolgens een zestienpolige mini-module printstekerdeel met haakse aansluitingen (type 2,5 MBPH, leverbaar door Amroh) op de *koperzijde* van de print waarop de IC's zitten. Wel moet men eerst de 16 aansluitpennetjes iets naar buiten buigen, zodat ze in de gaatjes van de print passen en bereikbaar worden voor de punt van de soldeerbout. Controleer nadien alles zeer grondig en schroef vervolgens de twee printen door middel van 5 mm lange kunststof afstandsbusjes op elkaar, koperzijde tegen koperzijde.

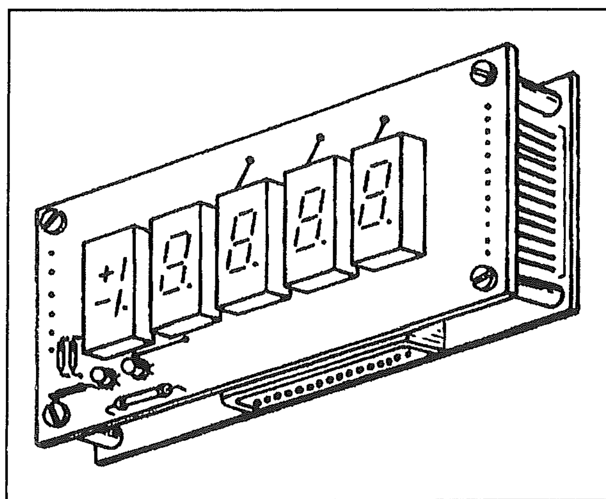
Hoe de module er dan komt uit te zien is voorgesteld in figuur 4/14.55-9.
Soldeer tot slot 18 draadjes tussen beide printen. Het resultaat vormt een zeer compact geheel, klaar om opgenomen te worden in een groter geheel.

Werken met de module

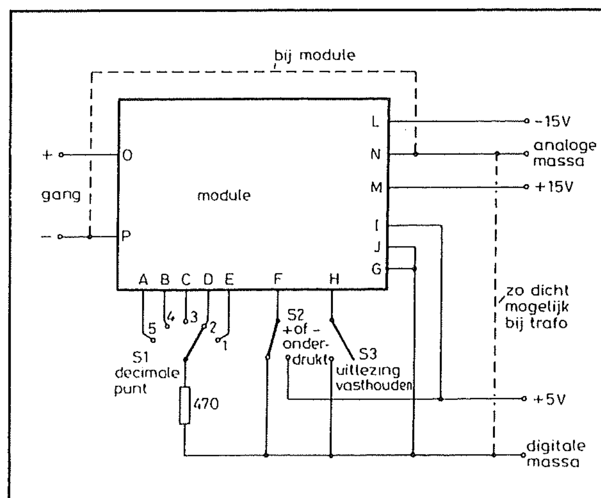
Figuur 4/14.55-10 geeft de externe bedrading van de meetmodule. De voeding is een verhaal apart. De schakeling meet tot 1,9999 V, dit betekent dus dat het meest rechtse cijfer tienden van milli-volts aanduidt!

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

Figuur 4/14.55-8: De componentenopstellingen van de twee deelprintjes.



Figuur 4/14.55-9: De kant-en-klare module.



Figuur 4/14.55-10: Het toepassen van de module in een systeem.

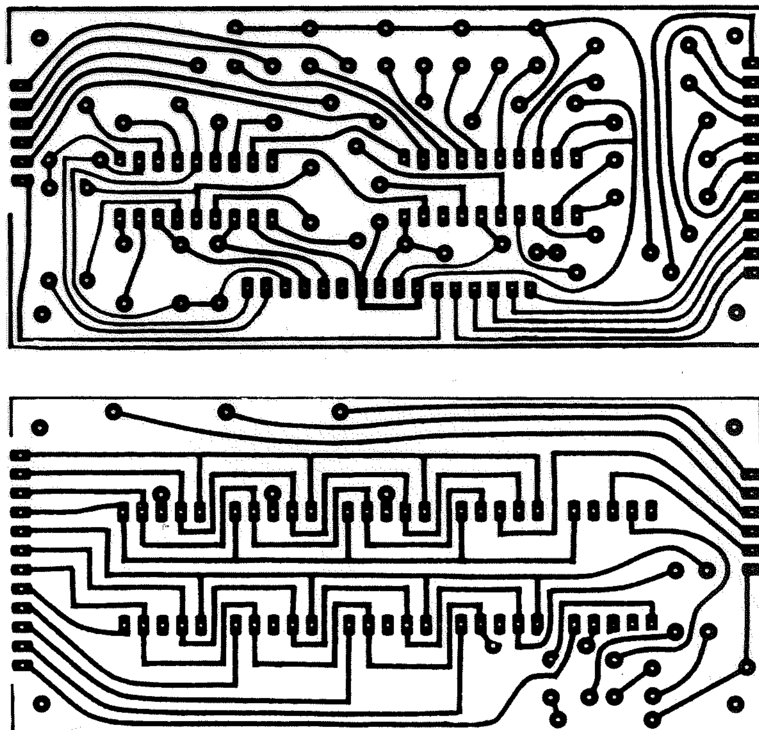
14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter

Men moet dan ook uiterste zorg besteden aan het aanbrengen van massaleidingen. Door de massa-aansluiting van de TL502 vloeit namelijk een vrij grote stroom: de stroom die de uitlezing verbruikt. Deze stroom wekt over de inwendige weerstand van draadjes en printsporen een spanning op, die door de module kan worden gemeten.
Een en ander heeft tot gevolg dat de uitlezing niet naar nul gaat bij kortgesloten ingangen en dat het laatste cijfer "jittert", dus voortdurend verspringt als gevolg van deze niet constante restspanning over de massabedrading. Vandaar dat men het beste de analoge en digitale voeding helemaal kan scheiden: twee trafootjes, één voor de +/-15 V voor de TL500 en één voor de +5 V voor de TL502. De digitale en analoge massa's zijn dan volledig gescheiden. Wie dat te gek vindt kan experimenteren met één voeding, maar dan moeten beide massa-aansluitingen (de punten G of I én N) met afzonderlijke draadjes naar de voeding worden geleid en zo dicht mogelijk bij het centrale massapunt van de voeding met elkaar worden verbonden.
De negatieve ingang zal in de meeste gevallen met de massa moeten worden verbonden. Hier geldt het advies: zo dicht mogelijk bij de module met de analoge massa (aansluiting N) verbinden. Onder geen enkele voorwaarde mag er door deze verbinding een stroom lopen!

Afregelen

De module kan afgeregeld worden met de twintig slagen instelpotentiometer R3. De eigen nauwkeurigheid van de module kan natuurlijk alleen maar tot zijn recht komen als men het schakelingetje kan ijken aan de hand van een andere vier-en-half decade universeelmeter. Kan men een dergelijk apparaat lenen, dan sluit men een gelijkspanning van ongeveer 1,9 V aan tussen de ingangsklemmen en verdraait de genoemde potentiometer tot de uitlezing op de module precies dezelfde spanning aanduidt als de geleende meter. Heeft men alleen een standaard drie-en-half decade meter ter beschikking, dan regelt men de module hiermee af. Natuurlijk is de nauwkeurigheid van het meest rechtse cijfer dan niet gegarandeerd. In vele gevallen is dat geen ramp, omdat het er vaak meer op neer komt de stabiliteit van een spanning te beoordelen dan de absolute waarde te meten tot vier cijfers na de komma.

14.55 Universele digitale +/-1,9999 V paneelmeter



Figuur 4/14.55-7: De print voor de schakeling.

4/14.56

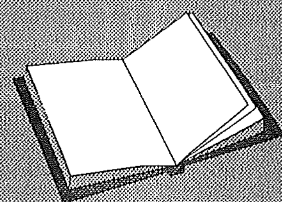
Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie

Inleiding
Hoewel er tal van elektromechanische sirenes in de handel zijn voor niet eens zoveel geld, is het zélf bouwen van zo'n herriemaker erg leuk. Immers, de noodzakelijke schakelingen zijn erg eenvoudig en ongecompliceerd. Succes verzekerd dus bij de nabouw!

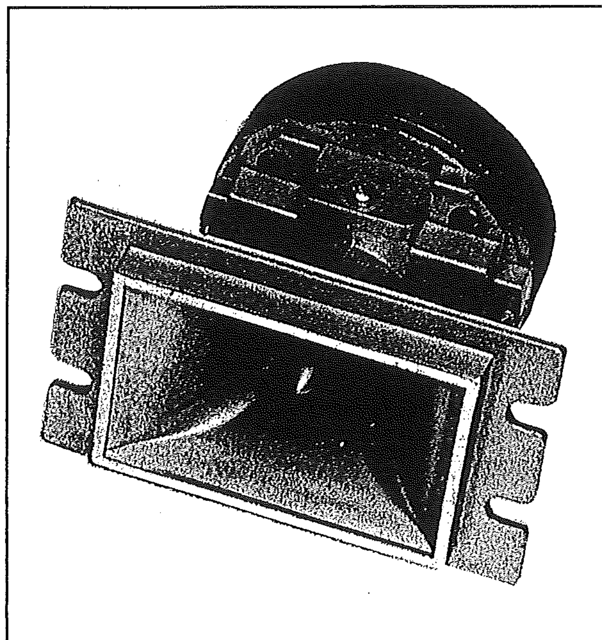
Eisen
Een sirene moet in allereerste instantie natuurlijk aan de welbekende HELIOS-norm voldoen: "Herrie En Lawaai Is Ons Streven".
Daarnaast kan men een aantal nuttige extra's in het schema verwerken. Zo moet een sirene over een geheugen beschikken, zodat het volstaat een korte puls aan te bieden om het lawaai in gang te zetten. Maar omdat tal van alarmsystemen niet voor 100 % betrouwbaar zijn en af en toe per abuis triggeren is het handig als de sirene zich na een tijdje automatisch uitschakelt. Buren liggen dan niet de hele nacht tegen het elektrisch gehuil op te woelen in bed.
Bovendien is het handig als een sirene een TEST-knop heeft, waarmee men om de maand even kan testen of het apparaat het nog doet.
Uiteraard moet de schakeling uit +12 V gevoed worden, immers dé standaard voeding van alle alarmcentrales en van de noodstroom-accu die daarin aanwezig is.

Op het aantal dB komt het aan
De meeste sirenes werken met motoren en een soort ventilatoren, die een luchtstroom opwekken en via een ventiel met welbepaalde vorm en afmetingen deze luchtstroom in trilling brengen. Niets voor de zelfbouwer, dus!
De keuze van de ontwerper is gevallen op een goedkoop alternatief: een kwalitatief laagstaande, maar qua vermogen hoogstaande, tweeter of hoge tonen luidspreker, die uit het Verre Oosten komt en vaak de codering HTM-2 opgestempeld krijgt. Maar omdat het ongeveer *f* 15,00 kostende toetertje ook onder diverse andere namen opduikt is een fototje de beste referentie, zie figuur 4/14.56-1, zodat iedereen aan de hand van het konterfeitsel het bewuste object moeiteloos uit het rek van de winkel kan vissen.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.13
Hoofdstuk 4/2.4
Hoofdstuk 4/14.20



14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie



Figuur 4/14.56-1: De HTM-2 tweeter heeft een maximaal vermogen van 80 W.

De HTM-2 heeft een impedantie van 8 Ω en een maximaal vermogen van 80 W. Uit de impedantiegrafiek die men in catalogi kan aantreffen blijkt dat de tweeter een enorme resonantiepiek heeft tussen 2,0 kHz en 3,5 kHz. In deze toepassing kan deze bult goed gebruikt worden door de sirene precies op deze frequentie af te stemmen. HELIOS verzekerd!

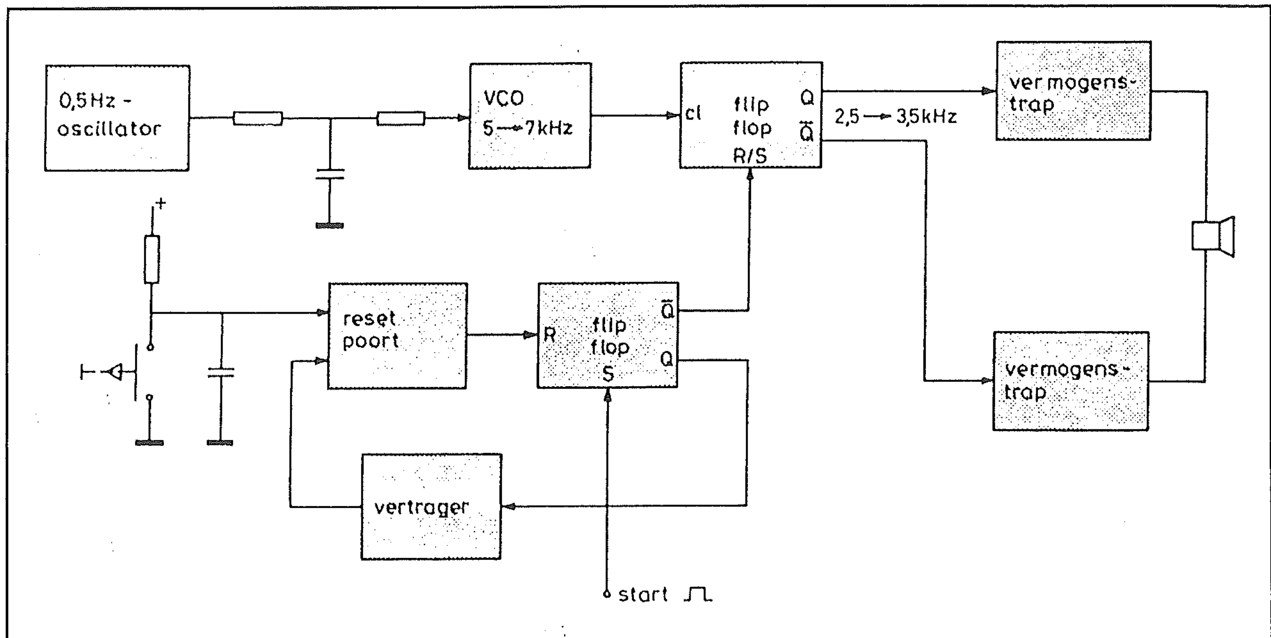
Het blokschema

Het blokschema van de universele sirene is getekend in figuur 4/14.56-2. Het blokvormige uitgangssignaal van een 0,5 Hz oscillator wordt door een RC-kring omgezet in een soort driehoek en deze spanning stuurt via een weerstand een VCO oftewel een spanningsgestuurde oscillator. Op het ritme van de driehoek gaat deze schakeling een blokspanning produceren tussen 5 kHz en 7 kHz.
Dit signaal wordt aangeboden aan een flip-flop, die de frequentie keurig door twee deelt. Op de twee uitgangen Q en $\overline{Q}$ staan dus twee mooie vierkantsgolven ter beschikking met een frequentiezwaai tussen 2,5 kHz en 3,5 kHz. Net het frequentiegebied waar de HTM-2 wel pap van lust! En die pap komt uit twee ketels. De twee ten opzichte van elkaar geïnverteerde blokspanningen worden immers aan twee vermogenstrapjes aangeboden, waartussen de luidspreker staat geschakeld. Een soort eenvoudige brugversterker dus, die tot gevolg heeft dat de elektronen of in de ene of in de andere richting door des HTM-2's spreekspoel rennen.
De flip-flop heeft set- en reset-ingangen en deze worden gestuurd uit een soortgenoot, die het geheugen van de sirene representeert. Bij het aanschakelen van de voeding mag de luidspreker niet gaan loeien. Vandaar een automatische opstart-reset, gevoed uit een RC-netwerkje. De S-ingang van de onderste flip-flop ontvangt de startpuls van de alarmmelders. De Q van deze schakeling wordt "H", deze spanning wordt vertraagd en stuurt de tweede ingang van de reset-poort. Het systeem legt zichzelf, na een door de tijdconstante van de vertrager bepaalde tijd, het zwijgen op.

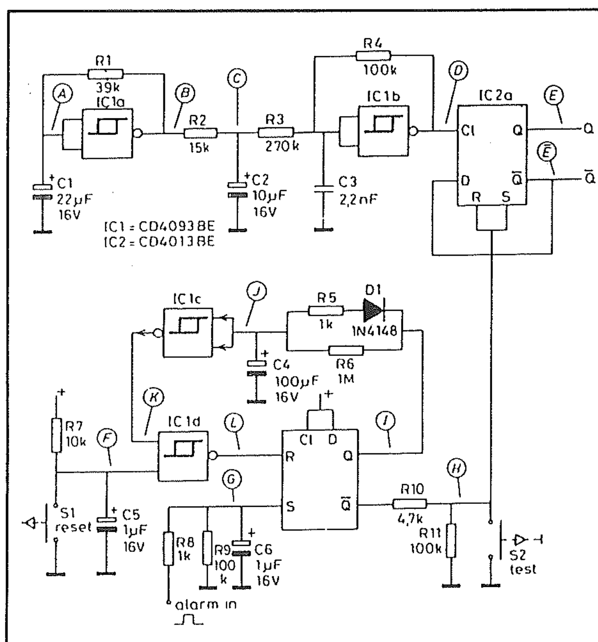
De signaalvormer

De praktische vertaling van het signaalvormende deel van het blokschema is getekend in figuur 4/14.56-3. Door een uitgekiend ontwerp kunnen alle functies door slechts twee CMOS IC'tjes worden vervuld. De bespreking van de werking wordt ondersteund door de grafieken van de figuren 4/14.56-4 en -5.
Het signaal wordt gegenereerd door de twee Schmitt-trigger poorten IC1a en IC1b en de flip-flop IC2a. IC1a vormt de klassieke schakeling van een rechthoekgenerator met een Schmitt-triggerpoort.

14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie



Figuur 4/14.56-2: Het blokschema van de universele sirene.



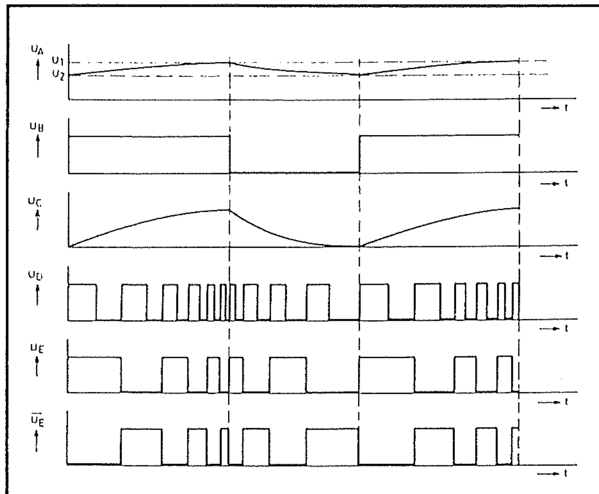
Figuur 4/14.56-3: De toonopwekkende schakeling met besturingsdeel van de sirene.

Signaal U_A wandelt heen en weer tussen de twee drempels U1 en U2 van de Schmitt-trigger, het gevolg is dat de uitgang U_B heen en weer schakelt tussen "H" en "L". Dit signaal wordt door het RC-netwerk R2-C2 weer omgezet in een soort driehoek. Over de condensator ontstaat dus dezelfde spanningvorm als aan de ingang van de poort, het enige verschil is dat de tijdconstante zo gekozen is dat het signaal tussen de nul en de voeding heen en weer slingert.

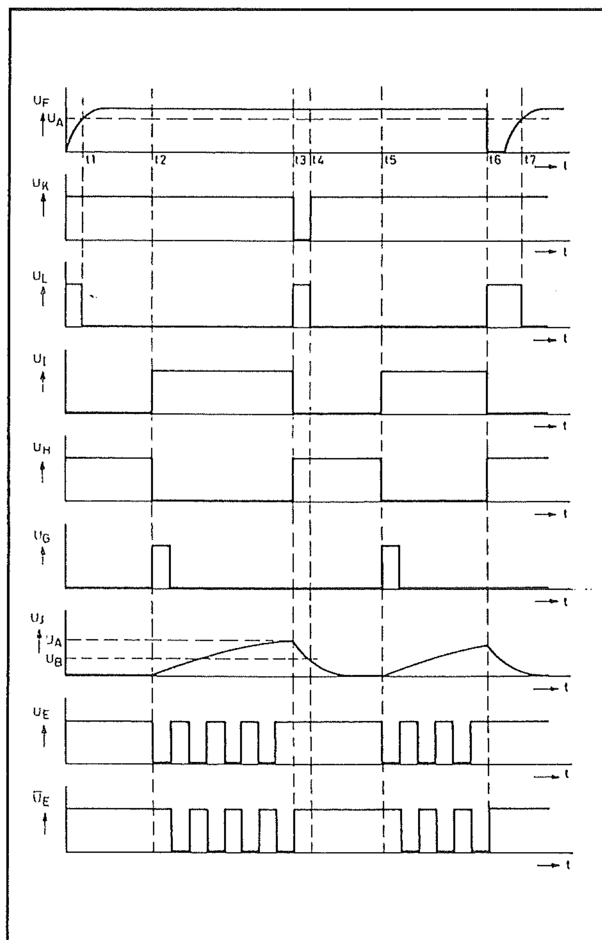
De tweede poort is identiek geschakeld. Het op- en ontladen van C3 wordt nu echter een handje geholpen door de stroom, die via R3 uit het signaal van de tweede poort wordt gemoduleerd en langzaam heen en weer gaat tussen 5 kHz en 7 kHz.

Flip-flop IC2a is van het D-type. Door $\overline{Q}$ te verbinden met de D zal de frequentie van het signaal dat aan de klok Cl wordt aangelegd door twee worden gedeeld. De signalen U_E en $\overline{U_E}$ zijn dus mooie, geïnverteerde blokgolven met frequenties tussen 2,5 kHz en 3,5 kHz als de flip-flop wordt toegestaan te delen!

14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie



Figuur 4/14.56-4: De werking van de oscillatoren grafisch toegelicht.



Figuur 4/14.56-5: De werking van de besturing van de flip-flop.

Dat is echter alleen het geval als beide rechtstreekse ingangen R en S "L" zijn. In de meeste toepassingen gebruikt men deze ingangen om de stand van de flip-flop in één van beide mogelijkheden te fixeren. Zo zal een "H" op R de Q "L" maken en een "H" op S de Q "H".
Een situatie die in de praktijk nooit wordt gebruikt, namelijk R en S beide "H", wordt hier wél toegepast. Volgens de waarheidstabel zijn dan zowel Q als $\overline{Q}$ "H". Zoals later zal blijken is deze zogenaamde illegale besturing uitstekend geschikt voor het dichtdrukken van de brugversterker.
Wat figuur 4/14.56-5 in the picture brengt, waar het besturingssysteem van de flip-flop IC2a in beeld is gebracht.
Men gaan er van uit dat alle condensatoren ontladen zijn en de netspanning wordt ingeschakeld. Spanning U_F stijgt van 0 naar de voedingsspanning, C5 wordt immers opgeladen via R7. De tijdelijke "L" op de onderste ingang van poort IC1d heeft tot gevolg dat uitgang U_L "H" is. Deze spanning stuurt de reset van flip-flop IC2b. $\overline{Q}$ wordt "H" (U_H) en dit signaal stuurt de R-S aansluiting van IC2a. Beide uitgangen van deze flip-flop zijn "H".
Q van IC2b is "L", het signaal U_J is dus ook "L" en dit lage niveau wordt geïnverteerd door poort IClc. U_K is "H". Na enige milliseconde breekt de spanning U_F door de drempel van Schmitt-trigger IC1d. Beide ingangen zijn "H", de uitgang U_L wordt "L" en de resetpuls van IC2b valt weg. Het systeem is geïnitialiseerd.
Op tijdstip t2 wordt er een smalle positieve puls op de ingang van de schakeling aangelegd. Deze U_G set de onderste flip-flop. U_H wordt "L" en U_I "H". De S-ingang van de bovenste flip-flop wordt dus "L", de schakeling wordt vrijgegeven en de uitgangen U_E en $\overline{U}_E$ gaan oscilleren en sturen de eindversterkers.

14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie

Het hoge signaal U_I laadt condensator C4 op via de hoge weerstand R6. Spanning U_J gaat langzaam stijgen en na ongeveer twee en halve minuut wordt de bovenste drempel van Schmitt-trigger IC1a bereikt (tijdstip t3). Uitgang U_K wordt "L" en het gevolg is dat uitgang U_L van NAND-poort IC1d "H" wordt. De onderste flip-flop wordt gereset, U_I wordt "L" en U_H wordt "H". De bovenste flip-flop wordt afgeknepen door de "H" op de R-S en beide uitgangen zoeken het weer in hogere sferen. Condensator C4 wordt snel ontladen via de kleine weerstand R5 en diode D1 . Na enige milliseconde is spanning U onder de onderste drempel van de Schmitt-trigger gedaald. U_K wordt weer "H", U_L weer "L" en de schakeling bevindt zich weer in de uitgangspositie.

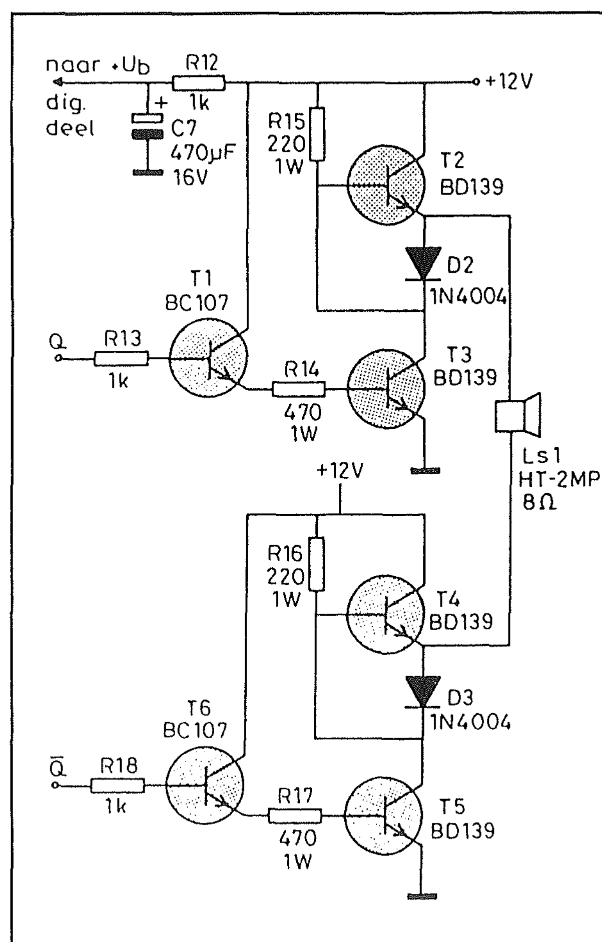
Samengevat geldt dat na het ontvangen van een smalle positieve startpuls de schakeling gedurende ongeveer 2,5 minuten twee ten opzichte van elkaar geïnverteerde signalen zal opwekken.

Voor de rest zijn deze uitgangen beide "H".

De rechter grafieken van figuur 4/14.56-5 geven de werking van de schakeling weer als men na het ontvangen van een startpuls (t5) op de resetknop drukt (t6). Na deze uitleg zal men dit resetten van het geheel gemakkelijk zelf kunnen ontleden!

De brugversterker

Om uit de beschikbare voedingsspanning van +12 V zoveel mogelijk vermogen en geluid te halen, werd gekozen voor een klein brugversterkertje. Het schema is getekend in figuur 4/14.56-6. Twee volledig identieke schakelingen worden gestuurd uit de ten opzichte van elkaar geïnverteerde spanningen Q en $\overline{Q}$. Stel dat de schakeling in rust is en beide ingangen dus "H" zijn. Uitgang Q stuurt transistor T1 in geleiding. Een forse basisstroom voor T3 is het resultaat, die de halfgeleider in verzadiging stuurt. De basis van T2 wordt naar de nul getrokken en omdat er tussen basis en emitter van deze transistor een silicium diode D2 is opgenomen zal de basis steeds negatiever zijn dan de emitter.



Figuur 4/14.56-6: Het schema van de brugversterker.

Het is dus absoluut uitgesloten dat T2 in deze situatie kan geleiden. En dat is maar goed ook, want zou T2 ook geleiden, dan zou de voeding worden kortgesloten via T2 en T3! Voor de rechter kring geldt uiteraard hetzelfde verhaal. T5 in verzadiging en T4 in spertoestand.

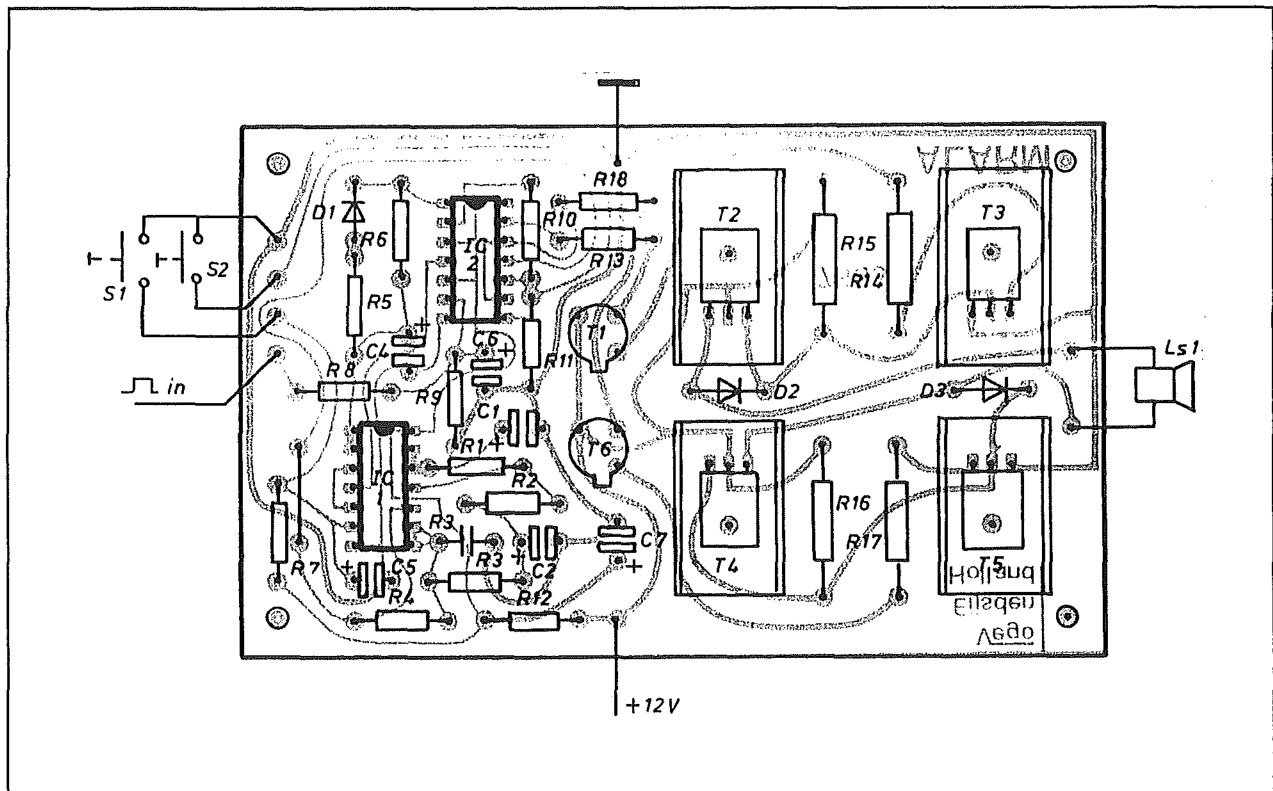
14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie

De luidspreker is dus aangesloten op twee punten die via verzadigde transistoren met massa zijn verbonden en de luidspreker zal geen stroom verbruiken.
Stel nu dat de schakeling wordt geactiveerd en Q en $\overline{Q}$ geïnverteerde blokgolven leveren. Als Q "H" is zal T3 geleiden en T2 sperren. De linker aansluiting van de luidspreker ligt via D2 aan massa. $\overline{Q}$ is dan "L". Transistor T6 spert en T5 ook. T4 kan nu echter wél basisstroom uit de voeding trekken via weerstand R16. T4 wordt in geleiding gestuurd en de rechter aansluiting van de luidspreker wordt met de voeding verbonden. Er loopt stroom door de kring T4, Ls1 en T3.
Als de spanningen op Q en $\overline{Q}$ omkeren gaat T2 geleiden, T3 sperren, T4 sperren en T5 geleiden. Er vloeit nu stroom door de kring T2, Ls1 en T5.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	39 kΩ
R2	15 kΩ
R3	270 kΩ
R4,R9,R11	100 kΩ
R5,R8,R12,R13,R18	1 kΩ
R6	1 MΩ
R7	10 k
R10	4,7 kΩ
WEERSTANDEN, 1 W, 5 %	
R14,R17	470 Ω
R15,R16	220 Ω
CONDENSATOREN	
C1	22 µF 16 V printelco
C2	10 µF 16 V printelco
C3	2,2 nF MKH
C4	100 µF 16 V printelco
C5,C6	1 µF 16 V printelco
C7	470 µF 16 V printelco
HALFGELEIDERS	
D1	1N4148
D2,D3	1N4004
T1,T6	BC107
T2,T3,T4,T5	BD139
IC1	CD4093BE
IC2	CD4013BE
DIVERSEN	
2	IC-voetje, 14 pennen
1	HTM-2 luidspreker
7	printsoldeerlipje
4	U-vormig koelprofiel, TO-126
2	enkelvoudige drukschakelaars, maak
1	12 V, 1,5 A voeding

14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie



Figuur 4/14.56-8: Componentenopstelling van de sirene.

De luidspreker wordt doorlopen door dezelfde stroom, die nu echter in tegengestelde richting door de spreekspoel vloeit. Een en ander heeft tot gevolg dat de conus van de luidspreker in het ene geval maximaal naar binnen en in het andere geval maximaal naar buiten wordt bewogen.

De bouw van de schakeling

De bouw is probleemloos en kan door iedereen, met weinig of veel ervaring, tot een goed einde worden gebracht als men zich houdt aan het printontwerpje van figuur 4/14.56-7 en de componentenopstelling van figuur 4/14.56-8.
De vier eindtransistoren moeten op U-vormige koelplaatjes worden gemonteerd. De sirene wordt gevoed uit een spanning van +12 V, die een gemiddelde stroom van 1,5 A moet kunnen leveren.

Dat betekent dus dat de piekstroomcapaciteit veel hoger is en men geen gestabiliseerde voeding met al dan niet automatische stroombegrenzing kan inzetten. Een gewone trafo met gelijkrichter en afvlakelco van minstens 4700 µF is ideaal. Vergeet echter niet dat de CMOS-IC's bij +15 V gaan protesteren en bij +18 V in stervensnood geraken!
In de meeste gevallen zal de schakeling uiteraard gebruikt worden als sluitstuk van een alarminstallatie. Dan is de voeding al helemaal geen probleem. De in iedere alarmcentrale ingebouwde 12 V accu kan zonder enig probleem de schakeling rechtstreeks voeden.

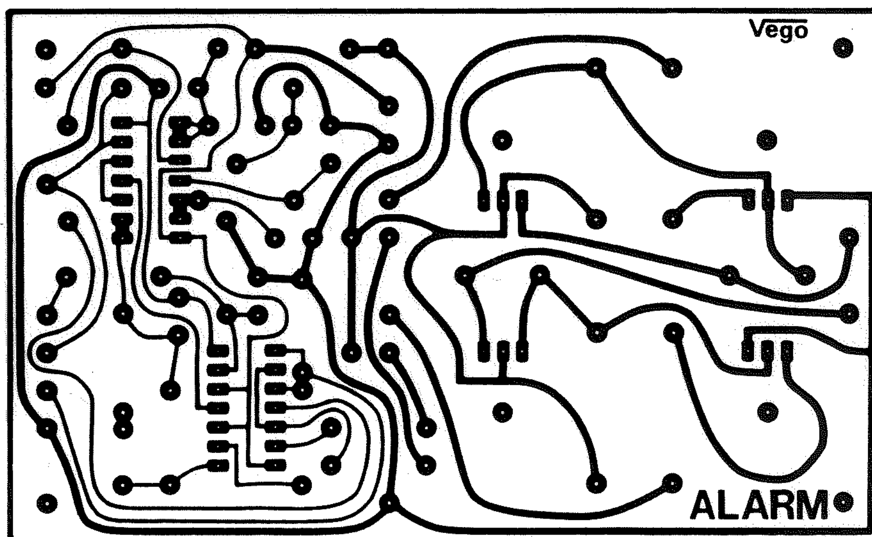
Belangrijke opmerking

Zet, tijdens het testen van of experimenteren met de schakeling een weerstand van 22 Ω en 10 W in serie met de HTM-2!

14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie

Het in een kleine, afgesloten ruimte blootgesteld staan aan het onverzwakte volume kan ernstige gehoorbeschadiging tot gevolg hebben! Denk er ook aan dat huisdieren nooit in een kleine ruimte aanwezig mogen zijn, waar de sirene op vol vermogen werkt.

14.56 Grootvermogen alarmsirene met test- en reset-functie



Figuur 4/14.56-7: De print voor de schakeling.

4/14.57

Telefoongesprekken automatisch opnemen

Inleiding

Toegegeven, de in dit hoofdstuk besproken schakeling kan voor minder edele doeleinden worden gebruikt! In principe zou men het printje ergens op een verborgen plaats tussen de PTT-aansluiting en een telefoon kunnen schakelen en in het geheim volledig automatisch alle gesprekken op een kassetterecorder opnemen die via deze telefoon gevoerd worden!
Maar er zijn natuurlijk wel wat meer toelaatbare toepassingen denkbaar waarbij het handig is als men volledig automatisch een of meerdere gesprekken op band kan registreren. Te denken valt bijvoorbeeld aan een bedrijf waar op deze manier alle telefonische bestellingen die via een speciale bestellijn binnen komen achter elkaar op de band worden gezet.

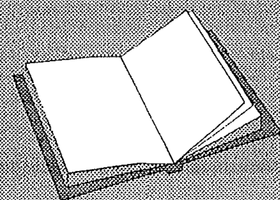
Volledig automatisch

Met de op deze pagina beschreven zeer eenvoudige schakeling gaat alles automatisch. Enige voorwaarde is dat men de beschikking heeft over een kassetterecorder met een aansluiting voor een afstandsbediening.
Bij de meeste recorders zit ergens een connector REMOTE. Daar past een stekertje in. In de meeste gevallen volstaat het de twee contacten van dit stekertje kort te sluiten om de motor van de recorder in beweging te zetten en het opnemen van een gesprek te starten.

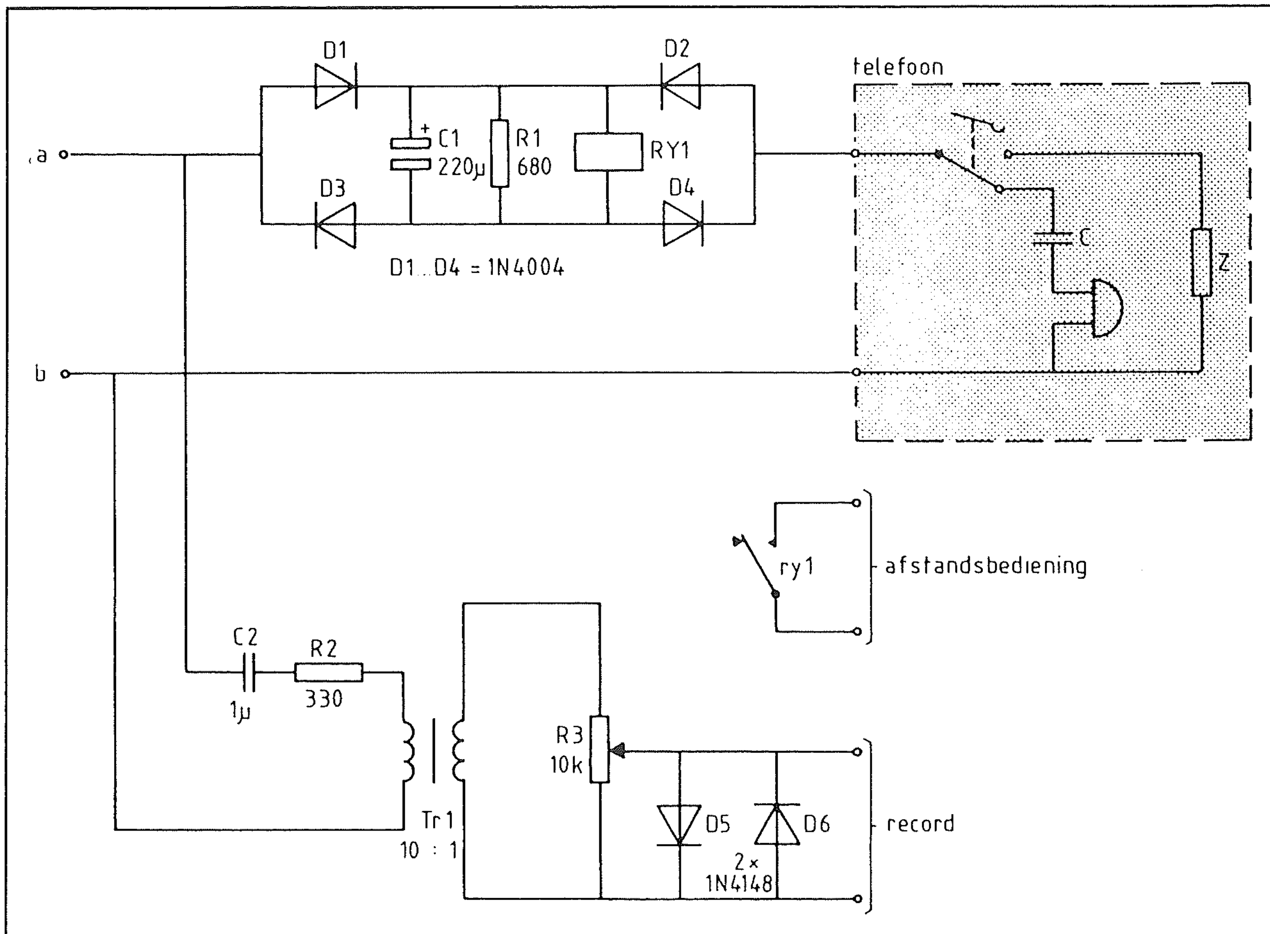
Gemakkelijke integratie

De schakeling is gemakkelijk op te nemen in een bestaande PTT-aansluiting. Het printje van de schakeling heeft in totaal vier paar aansluitingen. De PTT-lijn gaat naar de ingang, de telefoon naar een van de uitgangen. Op het tweede paar uitgangen wordt de microfooningang van de recorder aangesloten. Het derde paar uitgangen gaat naar de afstandsbediening van de recorder. Door het inpluggen van de steker van de afstandsbediening wordt in de recorder een contact onderbroken. Als de telefoon wordt opgenomen zal een relais op de print inschakelen waardoor het contact sluit en de stroomkring van de recorder weer wordt hersteld.
Het volstaat nu de recorder in de stand opname te zetten en de volumeregelaar in een experimenteel bepaalde stand om alle gesprekken vervormingsvrij en duidelijk verstaanbaar op te nemen.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.2
Hoofdstuk 3/20.4



14.57 Telefoongesprekken automatisch opnemen



Figuur 4/14.57-1: Het volledig schema van de gesprekken opnemer.

Telkens als de hoorn weer op de haak wordt gelegd valt het relais in de schakeling af en stopt de recorder. Alle gesprekken worden dus zonder pauze achter elkaar op de band opgenomen!

Het schema van de schakeling

Het schema van dit apparaatje, getekend in figuur 4/14.57-1, is de eenvoud zelve. Tussen de PTT-lijn en de telefoon is een bruggelijkrichter geschakeld die de lijnstroom die gaat vloeien als de hoorn van de haak wordt genomen steeds in dezelfde richting door de spoel van een gevoelig relais Ry1 stuurt. De weerstand R1 is parallel aan de spoel geschakeld om de extra weerstand in de keten niet te groot te maken. De elco vlakt de spanning af, zodat het relais niet gaat klapperen. Het normaal geopende contact van de relaisschakelaar ry1 wordt naar buiten gevoerd. Als het relais wordt bekrachtigd door het opnemen van de telefoonhaak gaat het contact sluiten en zal de recordermotor gaan draaien.

Over de PTT-lijn staat de hoogohmige wikkeling van een trafootje Tr1. Dat is een scheidingstrafootje dat voornamelijk wordt gebruikt in lichtorgels en aanverwante schakelingen voor het galvanisch

14.57 Telefoongesprekken automatisch opnemen

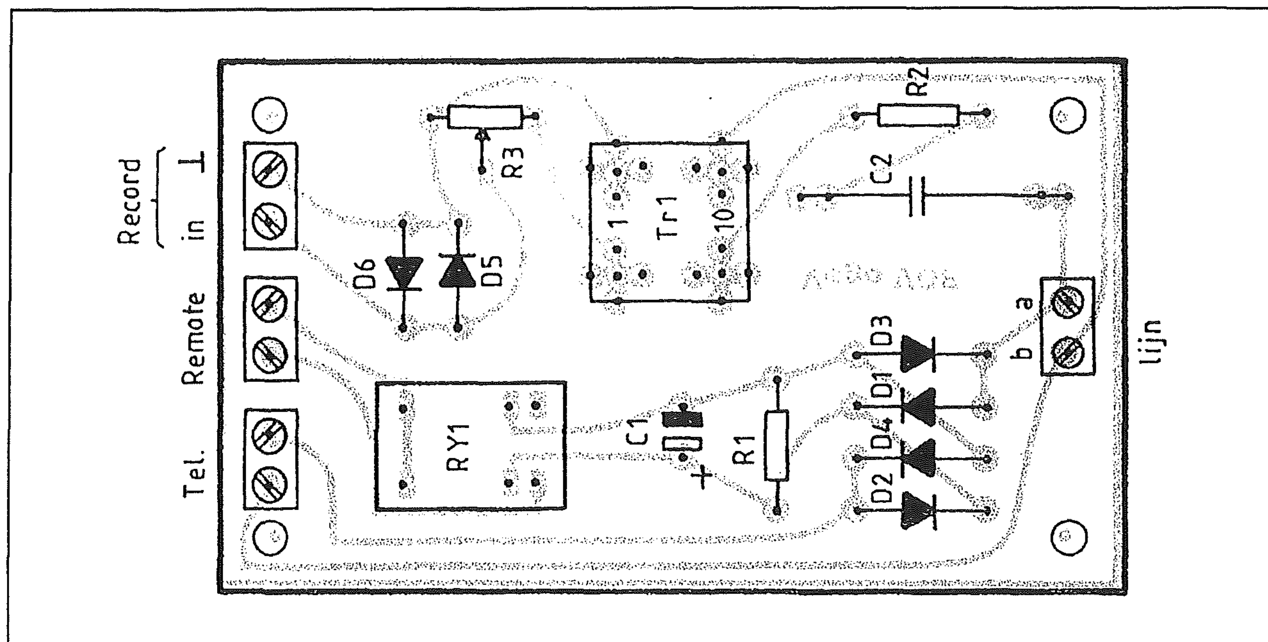
gescheiden aansturen van de gate van de thyristor of triac. Deze kleine trafootjes zijn in verschillende uitvoeringen met verschillende wikkelverhoudingen in de handel. In deze toepassingen is een trafo met een wikkelverhouding van 1/10 nodig. De 10-kant komt aan de PTT-lijn, de 1-kant aan de recorderkant! Uiteraard kan de trafo niet zonder meer over de PTT-lijn worden geschakeld. Noodzakelijk is in ieder geval de onontbeerlijke hoogspanningscondensator C2, die er voor zorgt dat de PTT-lijn niet resistief door de trafo belast wordt. De kleine weerstand R2 is noodzakelijk om de impedantie van de trafo aan te passen aan de impedantie van de PTT-lijn. De laagohmige wikkeling van de trafo gaat naar een instelpotentiometer R3. Deze kan worden gebruikt als volumeregelaar. De twee antiparallel geschakelde dioden D5 en D6 beschermen de microfoonversterker van de recorder tegen te grote spanningspieken die op de lijn ontstaan bij het opnemen en weer neerleggen van de hoorn of bij het draaien van een nummer.

De bouw van de schakeling
Figuur 4/14.57-2, op de transparante pagina, geeft het ontwerpje voor de print. In figuur 4/14.57-3 is de componentenopstelling voor deze zeer handige schakeling getekend. Omdat er onvoorstelbaar veel verschillende uitvoeringen van lichtorgel trafo's bestaan is er op de print een groot aantal gaatjes aangebracht onder de vorm van vier "koperen klavertjes van vier", zodat er wel steeds een gatencombinatie te vinden zal zijn waarin het gekocht trafootje past.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	680 Ω	
R2	330 Ω	
INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 15 mm		
R3	10 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	220 µF	25 V printelco
C2	1 µF	630 V polyester
HALFGELEIDERS		
D1,D2,D3,D4	1N4004	
D5,D6	1N4148	
DIVERSEN		
1	12 V print-relais, zie tekst	
1	lichtorgel-trafo, 1/10	
4	printkroonsteentje, 2-polig	
1	asje voor instelpotentiometer	

14.57 Telefoongesprekken automatisch opnemen



Figuur 4/14.57-3: De componentenopstelling van de schakeling.

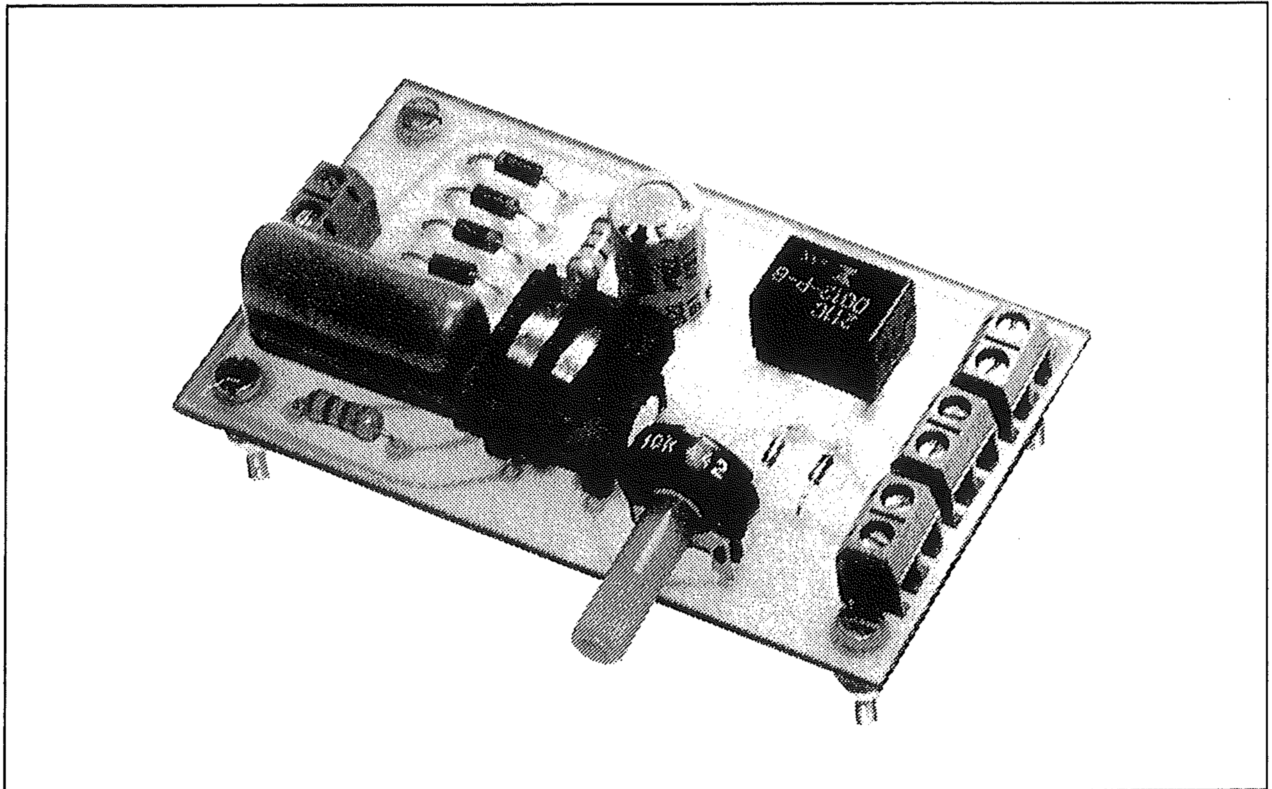
Voor het relais moet een speciaal type met hoge gevoeligheid worden toegepast. Naast het in de onderdelenlijst aangegeven Meisei-relais kan men gebruik maken van onderstaande compatibele uitvoeringen:

- Siemens:
  V23101-6-A101 (de weerstand R1 kan vervallen);
- Original:
  OUA-SS-112D-12V;
- SAX:
  21C-DO12-P-B.

Prototype
De foto van figuur 4/14.57-4 geef een indruk van het volledig afgebouwde prototype van deze schakeling.

Het gebruik van de schakeling
Nadat alle verbindingen zijn gemaakt zet men de kassetterecorder in de opnamestand. Door het inpluggen van het stekertje van de afstandsbediening is de interne verbinding onderbroken en zal de recorder niets doen. Nu laat men een vriend of vriendin bellen. Van zodra de hoorn van de haak wordt genomen moet de recorder gaan draaien. Men zet de loper van de potentiometer in verschillende standen. Bij het weergeven van het opgenomen gesprek kan men de beste stand van de potmeter beoordelen.

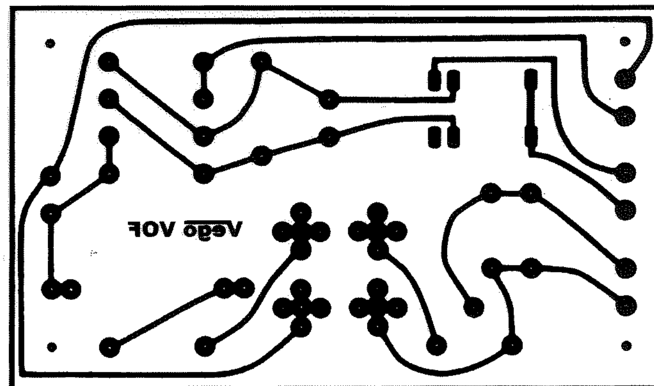
14.57 Telefoongesprekken automatisch opnemen



Figuur 4/14.57-4: Het prototype van de schakeling.

14.57 Telefoongesprekken automatisch opnemen

14.57 Telefoongesprekken automatisch opnemen



Figuur 4/14.57.2: De print voor de schakeling.

4/14.58

Meerdere telefoons op één PTT-lijn

Inleiding

In iedere elektronica-shop verkoopt men een klein kastje, waarmee men twee telefoontoestellen op een PTT-lijn kan schakelen. De gebruikte schakeling heeft echter enige nadelen. Op de eerste plaats kan men er slechts twee toestellen op aansluiten. Op de tweede plaats moeten er vanaf het kastje twee leidingen getrokken worden naar de plaats waar de telefoons zich bevinden.

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling kan in principe tot in het oneindige uitgebreid worden. Men zou dus in iedere kamer een telefoon kunnen neerzetten! Groot voordeel is daarbij dat het volstaat één centrale lijn door het huis aan te brengen en iedere telefoon door middel van het hier beschreven printje op deze lijn te schakelen. Hetgeen bij uitgebreide systemen heel wat bedrading kan schelen!

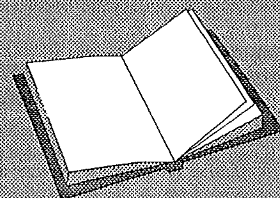
Het principe

De basisopstelling van een PTT-lijn waarop via deze schakeling drie telefoons zijn aangesloten is getekend in figuur 4/14.58-1. Iedere telefoon is door middel van een identieke kleine schakeling met de centrale lijn verbonden.

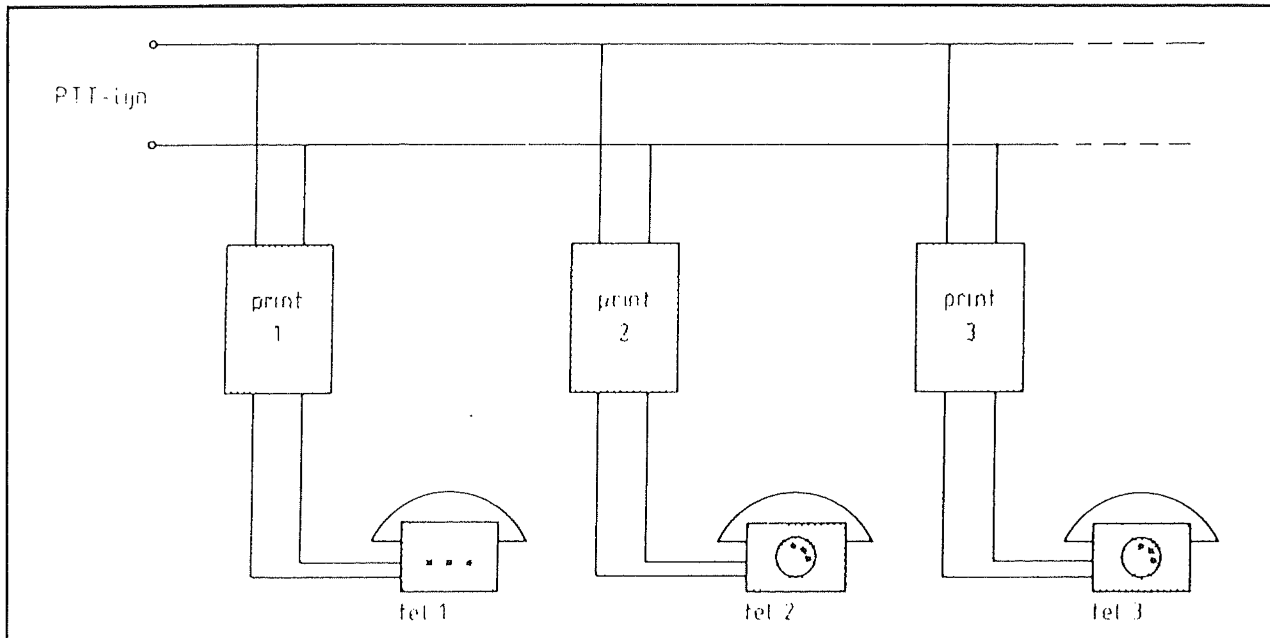
Het principe

Het basisprincipe van de meeste "twee op een lijn" apparaatjes is dat wordt gedetecteerd welke van beide telefoons een gelijkstroom uit het net trekt. Deze stroom vloeit door het spoeltje van een relais, de relaisschakelaar onderbreekt de verbinding met het tweede apparaat. Bij een decentrale opstelling, zoals in deze schakeling, is dit principe uiteraard niet meer bruikbaar. Maar gelukkig kan men op een andere even eenvoudige manier vaststellen of er een hoorn van een haak wordt genomen. Als alle telefoons in rust zijn staat er namelijk een grote gelijkspanning van ongeveer 60 V tussen de twee aders van het PTT-net. Van zodra echter een van de telefoons wordt opgenomen zakt de spanning tot ongeveer 10 V. Dit is een duidelijk gegeven dat elektronisch op een zeer eenvoudige manier gedetecteerd kan worden. Het enige dat de schakeling dus moet doen is bij het opnemen van de hoorn van "haar" telefoon vaststellen of de spanning over de PTT-lijn ongeveer 60 V bedraagt.

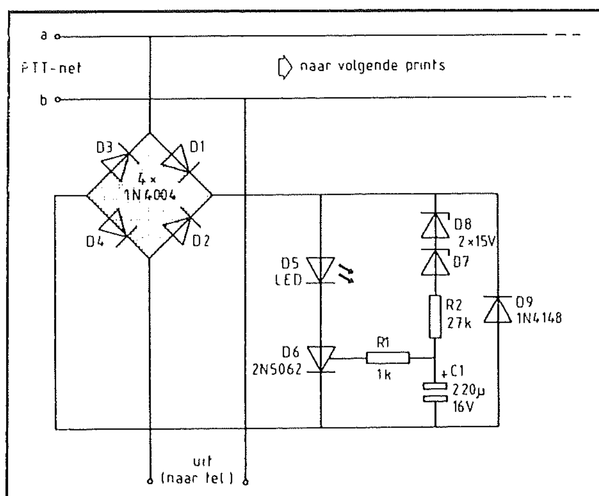
LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.2
Hoofdstuk 3/20.4



14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn



Figuur 4/14.58-1: Het principe van het systeem.



Figuur 4/14.58-2: Het praktisch schema van de schakeling.

Is dat het geval, dan moet de telefoon met het net verbonden worden. Is de spanning echter ongeveer 10 V, dan bewijst dit dat er al een andere telefoon op de lijn staat. Dan mag de verbinding tussen lijn en toestel niet tot stand worden gebracht.

Overnemen van de verbinding

Het overnemen van de verbinding door het ene toestel naar van andere gaat als volgt. Stel dat telefoon 1 is opgenomen. Telefoon 3 moet de verbinding overnemen. Na het opnemen van de hoorn in 3 stelt de schakeling nummer 3 vast dat de lijnspanning laag is. De verbinding tussen de lijn en telefoon 3 komt niet tot stand. Als echter telefoon 1 wordt opgelegd zal de lijnspanning opeens stijgen tot 60 V. Schakeling 3 stelt dit vast en omdat de hoorn van telefoon 3 nog steeds is opgenomen zal de verbinding met 3 tot stand komen.

Het schema

Het schema van dit intelligente schakelingetje is getekend in figuur 4/14.58-2. Er wordt gebruik gemaakt van een thyristor D6 als "relais". Het is niet de bedoeling op deze plaats een "zware" thyristor in te zetten, eentje die wordt gebruikt in lichtor-

14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn

gels of dergelijke schakelingen! Er zijn echter een aantal laagvermogen thyristoren op de markt met een maximale stroom van ongeveer 100 mA en deze zijn ideaal voor deze toepassing.
De gate van dit onderdeel wordt gestuurd uit een RC-netwerkje samengesteld uit de onderdelen R2 en C1. In serie zijn twee zenderdioden van 15 V opgenomen en deze beslissen of de thyristor al dan niet mag geleiden.
Als de telefoon is rust is vormt deze een oneindig hoge impedantie. De volledige schakeling is stroomloos, de condensator C1 is ontladen, er staat geen spanningsverschil tussen de gate en de kathode van de thyristor, het onderdeel spert. Als men de hoorn van de haak neemt wordt er plotseling een vrij lage weerstand tussen de uitgangen van de schakeling gezet. Stel dat de a-ader van het PTT-net positief is ten opzichte van de b-ader. De negatieve spanning komt via de lage impedantie van de telefoon en de geleidende diode D4 op de negatieve pool van de condensator C1 te staan. De positieve spanning komt via de geleidende diode D1, de twee zenerdioden en de weerstand R2 op de positieve plaat van de condensator terecht. Dit onderdeel komt onder spanning te staan en het gevolg is dat het spanningsverschil over de condensator een stroom veroorzaakt door weerstand R1 en de gate/kathode van de thyristor.
Deze stroom is zo groot dat dit onderdeel ontsteekt en gaat geleiden. Er kan nu stroom vloeien van ader a naar ader b via de dioden D1, D5, D6, D4 en de telefoon. De verbinding tussen net en telefoon komt tot stand. De LED D5 gaat branden als indicatie dat de schakeling geactiveerd is.
In principe is deze LED nergens voor nodig. Het is echter wel leuk als men een aantal printjes in een centrale kast onderbrengt en vanuit deze kast kabeltjes legt naar alle telefoons. Men ziet dan onmiddellijk welke telefoon op de PTT-lijn staat.
De ontsteekkring D8-D7-R2-C1 komt nu over een lage spanning te staan, namelijk de serieschakeling van de spanning over de brandende LED en de geleidende thyristor. Deze spanning is kleiner dan 2 V maar dat is geen probleem, een ontstoken thyristor blijft immers geleiden ook als de gatestroom wegvalt. Enige voorwaarde is dat de stroom door de thyristor groter is dan de houdstroom, maar dit is in deze schakeling zonder meer het geval.
De diode D9 is noodzakelijk om de (gevoelige) LED en de thyristor te beveiligen tegen te hoge inverse spanningen, die tot doorslag zouden kunnen leiden.
Beschouw nu een tweede identieke schakeling, die op dezelfde lijn staat. De eerste schakeling is geactiveerd en men neemt de hoorn op van de telefoon die op deze tweede schakeling is aangesloten. Het spanningsverschil tussen ader a en ader b is nu ongeveer 10 V. Er kan geen stroom vloeien door de ontsteekkring omdat de zenerdioden van 15 V niet geleiden. Er ontstaat dus ook geen gatestroom en de thyristor blijft gedoofd. De telefoon blijft “dood”. Totdat uiteraard de eerste telefoon wordt opgelegd, de spanning tussen a en b stijgt tot boven de doorslagspanning van de zeners en het reeds beschreven ontsteekmechanisme in werking wordt gesteld.

De bouw van de schakeling

Het zeer kleine printje van figuur 4/14.58-3 op de transparante pagina bevat alle onderdelen voor één schakeling. Aan de hand van de componentenopstelling van figuur 4/14.58-4 kan dit snel gemonteerd worden.

14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	1 kΩ
R2	27 kΩ

CONDENSATOREN

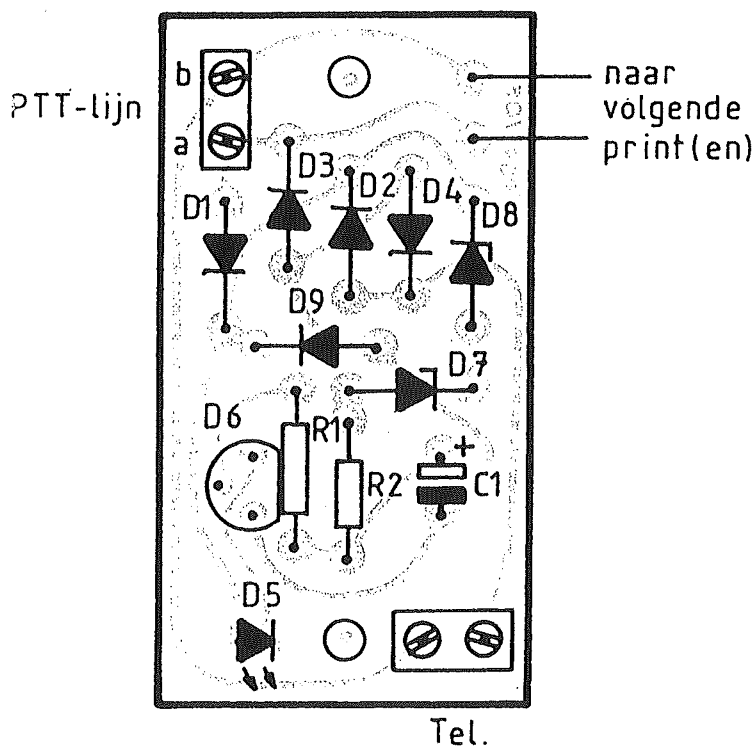
C1	220 µF 16 V printelco

HALFGELEIDERS

D1,D2,D3,D4	1N4004
D5	LED, 5 mm, rood
D6	thyristor, 100 mA (2N5062)
D7,D8	zenerdiode, 15 V, 400 mW
D9	1N4148

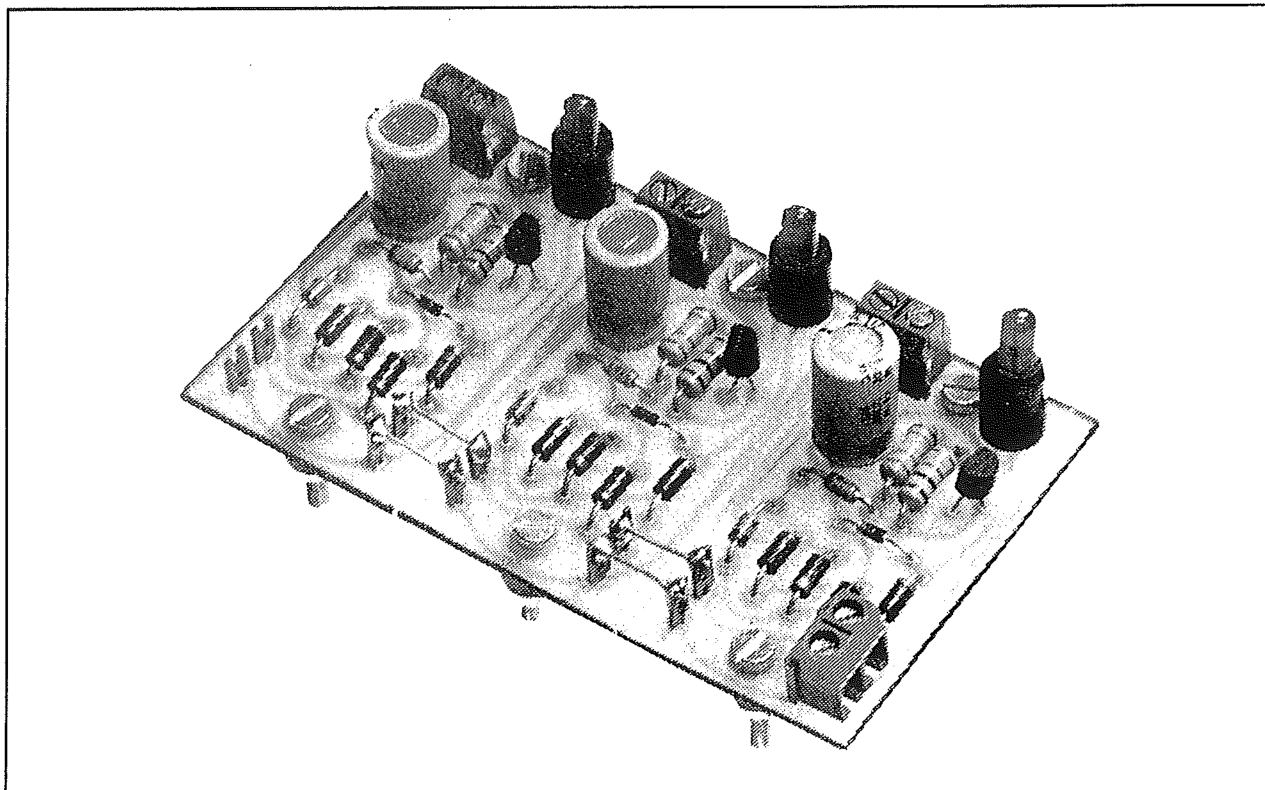
DIVERSEN

2	printkroonsteentje, 2-polig
2	printsoldeerlipje
1	afstandsbusje, 10 mm, kunststof



Figuur 4/14.58-4: De componentenopstelling van de schakeling.

14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn



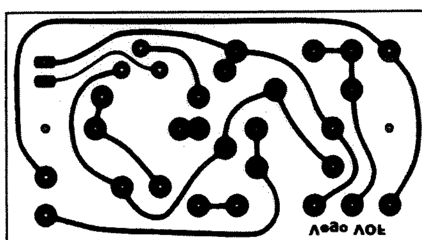
Figuur 4/14.58-5: Een centrale opstelling van drie schakelprintjes.

De draadjes van de LED worden door een 10 mm lang kunststof afstandsbusje gestoken en dan door de printgaatjes geduwd. De ingang voor de PTT-lijn is van de linker naar de rechter kant van het printje doorgekoppeld, zodat men zeer eenvoudig verschillende printjes naast elkaar kan opstellen en de PTT-lijn van print naar print kan doorkoppelen. Een dergelijke centrale opstelling is voorgesteld in figuur 4/14.58-5.

Opmerking
In de inleiding werd gesteld dat het met dit systeem in principe mogelijk is een oneindig aantal telefoons op een PTT-lijn te zetten. Dat is uiteraard een forse journalistieke overdrijving. De PTT moet namelijk wél de belstroom voor alle apparaten leveren en schakelt men meer dan 4 telefoons op de lijn, dan komt de centrale in ademnood!

14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn

14.58 Meerdere telefoons op één PTT-lijn



Figuur 4/14.58-3: De print voor de schakeling.

4/14.59

Groot-volume telefoonbel

Inleiding

Hoewel moet worden toegegeven dat de elektronische "bellen" van de moderne telefoons veel welluidender klinken dan het onbeschaafde gerinkel van de oude standaard PTT-apparaten, hebben zij één groot nadeel. Het geluid is, zelfs in de hardste stand van de volumeregelaar, niet erg ver dragend. Ideaal voor gebruik op een kantoor waar men om de haverklap wordt lastig gevallen door de telefoon, maar niet geschikt om er een vrijwillige brandweerman midden in de nacht, ter bestrijding van een grote uitslaande brand, mee uit zijn bed te bellen. Het bouwen van een extra bel met extra groot volume is een gemakkelijk klusje, dat een doe-het-zelver in een paar uurtjes uitvoert.

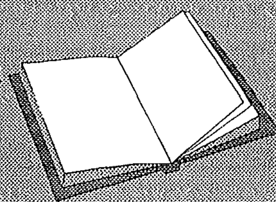
Luidspreker?

Uiteraard denkt een elektronicus in eerste instantie aan een luidspreker. Nu heeft zo'n onderdeel een veel en veel lager rendement dan een elektromechanische bel. Wil er voldoende geluid uit de speaker komen, dan is men helaas genoodzaakt een externe voeding op te trommelen, omdat het PTT-net volstrekt ongeschikt is om voldoende vermogen aan een luidspreker te leveren. Dus kan men de schakeling niet meer rechtstreeks met het PTT-net verbinden maar moet men gebruik maken van de in hoofdstuk 4/14.54 beschreven belpuls detector.

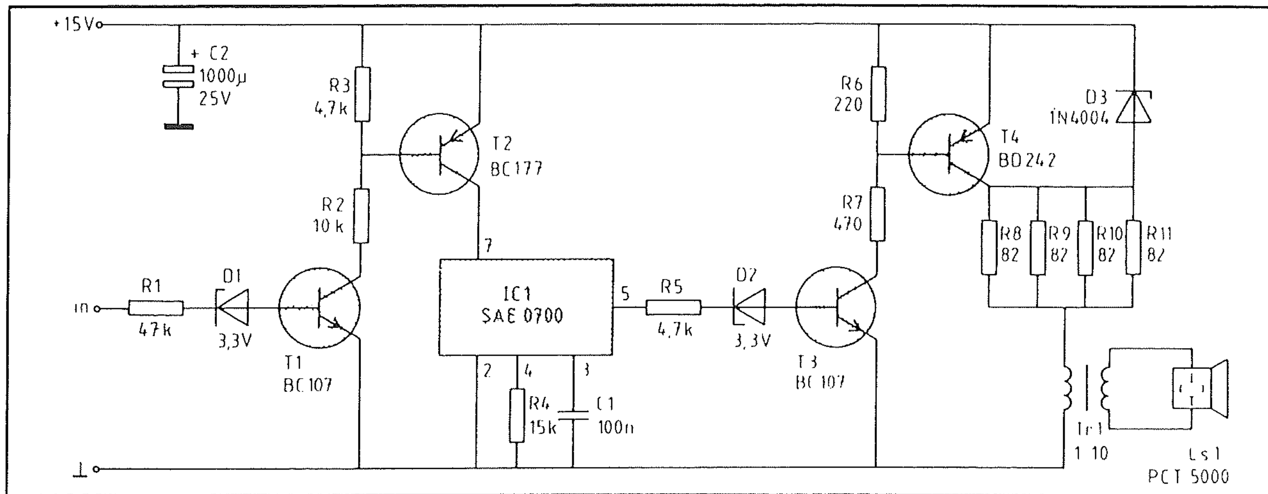
De schakeling

De schakeling van de extra luide bel is getekend in figuur 4/14.59-1. Het geheel wordt gestuurd uit de positieve pulsen die de belpuls detector genereert als de PTT het belsignaal op de lijn zet. De uitgang van de belpuls detector wordt verbonden met de ingang van de schakeling. Voor de toonopwekker wordt gebruik gemaakt van een IC van Siemens, de SAE0700. Dit IC wordt niet via zijn wisselspanningsaansluitingen gevoed, maar tussen de gelijkspanningspennen 2 en 7. Pen 7 is echter niet rechtstreeks met de +15 V voeding verbonden, maar via een PNP-transistor T2. Deze wordt in de basis gestuurd door de NPN-transistor T1. De werking van deze stuurschakeling is als volgt. Als de belpuls detector (hoofdstuk 4/14.54) via weerstand R1 geen signaal levert zal transistor T1 sperren.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.2
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 4/14.18
Hoofdstuk 4/14.53



14.59 Groot-volume telefoonbel



Figuur 4/14.59-1: Het praktisch schema van de schakeling.

Er vloeit geen stroom door de seriekring R3-R2-T1, er valt geen spanning over weerstand R3. De basis van T2 staat op dezelfde spanning als de emitter, ook deze halfgeleider spert. Pen 7 van IC1 hangt in de lucht. Als het telefoontoestel wordt opgebeld zal de belpuls detector mooie +15 V pulsjes op IN leveren. Deze sturen via weerstand R1 en diode D1 de transistor T1 in verzadiging. Er gaat stroom vloeien door de basis-emitter overgang van T2, weerstand R2 en transistor T1. Transistor T2 wordt ook in verzadiging gestuurd, pen 7 van het IC wordt met de positieve voeding verbonden.
Het Siemens IC gaat zijn specifiek uitgangssignaal produceren. Dat is een blokspanning die heen en weer springt tussen 0 V en +15 V. Nu is het erg moeilijk dergelijke blokspanningen met behulp van een eindversterker-IC te versterken. Deze schakelingen zijn in eerste instantie bedoeld voor het verwerken van muziek- en spraaksignalen en deze bevatten niet zo'n snelle pulsflanken (overgangen van een lage naar een hoge spanning) als de uitgangsspanning van de SAE0700. Gedurende deze snelle signaalflanken gaan namelijk beide eindtransistoren van de eindtrap in het IC even samen geleiden waardoor de dissipatie (het vermogensverbruik) in het IC tot ongezonde hoogte stijgt! Nu zou het best wel mogelijk zijn die snelle flanken af te vlakken door het tussen schakelen van een filtertje. Maar waarom al deze moeite doen als het op een eenvoudigere manier ook kan? De rechthoekvormige spanning op de uitgang van het IC is op een wel zeer eenvoudige manier om te zetten in een flinke stroom. Het volstaat enige schakeltransistoren met oplopend maximaal vermogen in cascade achter elkaar te schakelen. In het schema stuurt transistor T3 transistor T4 op dezelfde manier in verzadiging en sper als beschreven bij de combinatie T1-T2. De BD242 die voor T4 gebruikt wordt in een flink baasje: een collectorstroom van 3 A spuit er doorheen als water door een brandslang. Het oppeppen van het uitgangssignaal van de SAE0700 is dus geen punt. Wel hoe deze vermogenscapaciteit wordt omgezet in zoveel mogelijk geluid. Het opnemen van een gewone 4 of 8 Ω luidspreker tussen de collector van T4 en de massa is niet zo'n succes. De tussen 0 V en +15 V pulserende spanning die over de luidsprekerspoel zou worden aangelegd

14.59 Groot-volume telefoonbel

zou een grote gelijkstroom door deze spoel veroorzaken, waardoor de luidspreker binnen afzienbare tijd zou doorbranden! In het schema is gekozen voor een vrij ingenieuze oplossing. In plaats van een gewone elektrodynamische luidspreker met een spreekspoel en een lage impedantie wordt gebruik gemaakt van een piëzo-ceramische hoge tonen speaker. Deze zijn vrij goedkoop in alle maten en vormen in de handel. Het voordeel van deze componenten is dat zij een resonantie-frequentie hebben die niet ver uit de buurt ligt van de frequentie die door de SAE0700 wordt opgewekt. Hetgeen tot rechtstreeks gevolg heeft dat het rendement voor deze frequenties het hoogst is, met andere woorden er het meest lawaai uit komt! De impedantie van deze piëzospeakers is echter zeer hoog en de beschikbare +15 V zou niet meer dan een zacht gefluister uit het kristalletje ontlokken. Er zit niets anders op dan een trafo tussen te schakelen, net zoals dat te doen gebruikelijk was bij de oude buizenversterkers. Wie dit onderdeel volgens de officiële regels van de edele elektronica ontwerp kunst zou gaan berekenen zou al gauw het potlood ontmoedigd terzijde gooien. Groot en duur zou het resultaat zijn! Maar, is dit niet een zeer speciaal geval waarbij de schakeling hoogstens 20 seconde lang geactiveerd wordt? Na deze tijd stopt de centrale immers het belsignaal en breekt de verbinding af. En is het bovendien niet zo dat dit signaal ook nog eens intermitterend is? Praktijkproeven hebben uitgewezen dat de schakeling uitstekend en betrouwbaar werkt met... een lichtorgeltrafootje van vijf gulden! Wel moet dat dingetje een wikkelverhouding van 1 op 10 hebben. En bovendien mag men de schakeling nooit (dus ook niet tijdens het testen) langer dan een halve minuut ononderbroken laten werken. De kans is groot dat de primaire wikkeling van het trafootje dan doorbrandt. Terug nu naar het schema. Als de SAE0700 werkt staan er forse pulsen van 15 V amplitude op de collector van transistor T4. Deze worden aan de laagohmige wikkeling van het trafootje aangeboden, maar wel met enige parallel geschakelde weerstanden in serie met de stroomkring. De trafo zet de lage spanning om in forse pulsjes van ongeveer 80 V top-tot-top, die rechtstreeks aan het piëzo-element van de hoge tonen luidspreker worden aangeboden. Om de transistor te beveiligen tegen de hoge spanningspulsen die over de primaire wikkeling van de trafo kunnen ontstaan bij het wegvallen van de stroom is een 1N4004 diode parallel geschakeld.
De schakeling trekt ongeveer 250 mA stroom van de +15 V voeding. Dat is een gemiddelde waarde, de piekstroom is uiteraard veel groter. Om de voeding niet met deze pieken te belasten is een zeer grote reservoirelco van 1.000 µF parallel over de voeding opgenomen.
De opgewekte geluidsdruk hangt uiteraard in belangrijke mate af van de eigenschappen van de toegepaste piëzotweeter. Een PCT-5000 van het tamelijk onbekende Japanse merk ARROW bleek uitstekend te voldoen.

Belangrijke opmerking
Gebruik deze schakeling nooit zonder belaste secundaire wikkeling van de trafo! Over de open secundaire wikkeling ontstaan door inductieve opslingering smalle spanningspulsjes van meer dan 2.000 V! Weliswaar niet echt gevaarlijk, maar toch onaangenaam bij aanraking. Een groter gevaar is dat de isolatie in het trafootje doorslaat en men het onderdeel kan weggooien.

14.59 Groot-volume telefoonbel

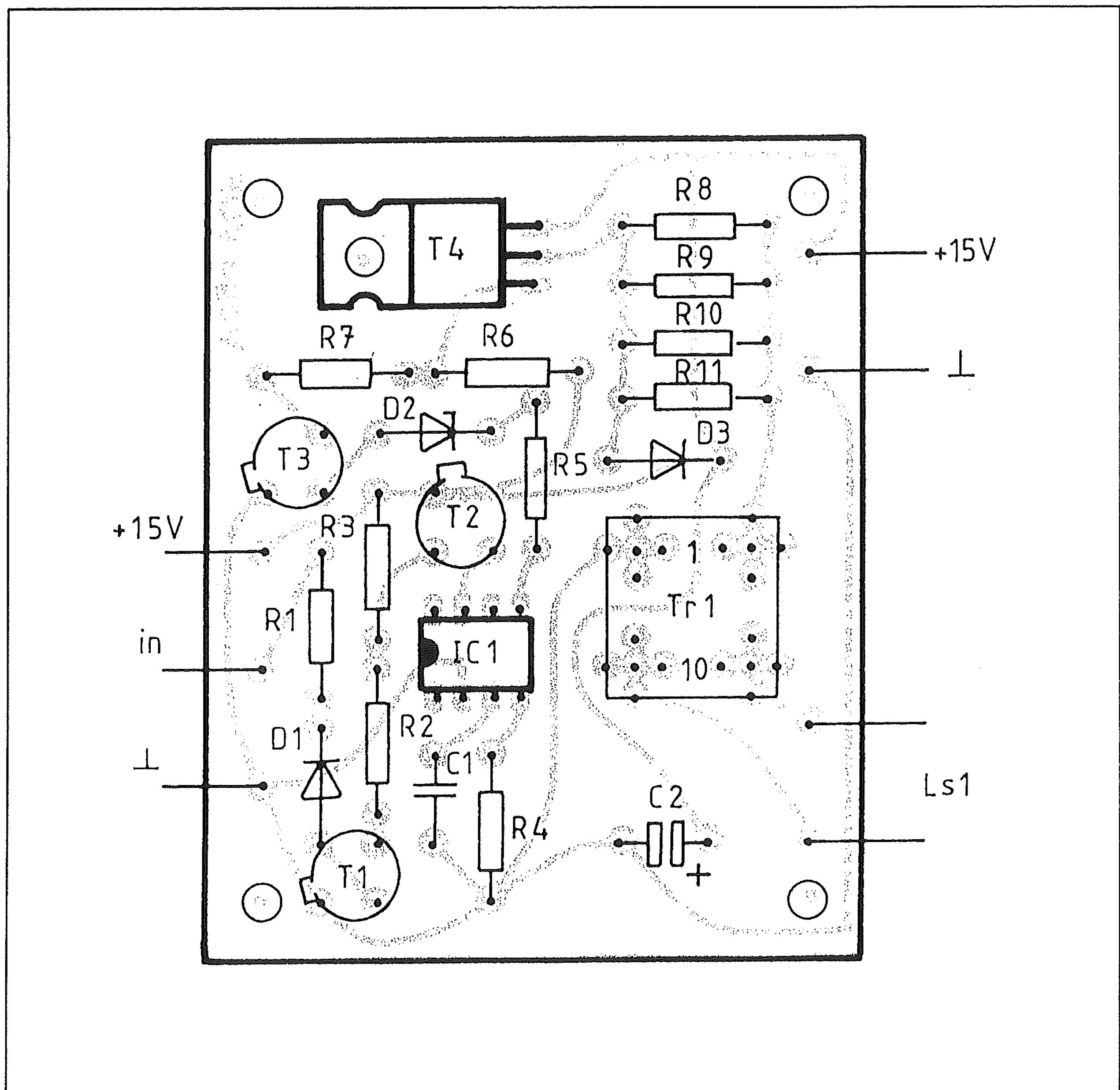
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	47 kΩ
R2	10 kΩ
R3,R5	4,7 kΩ
R4	15 kΩ
R6	22 Ω
R7	470 Ω
R8,R9,R10,R11	82 Ω
CONDENSATOREN	
C1	100 nF MKH
C2	1.000 µF 16 V printelco
HALFGELEIDERS	
D1,D2	zenerdiode, 3,3 V, 400 mW
D3	1N4004
T1,T3	BC107
T2	BC177
T4	DB242
IC1	SAE0700 (Siemens)
DIVERSEN	
1	IC-voetje, 8-pens
1	U-vormig koelplaatje voor TO-126
1	lichtorgel-trafo, 1/10
1	piëzo-elektrische tweeter
7	printsoldeerlipje
1	M3x10 boutje
1	M3 moertje

Het bouwen van de bel

Het printje, zie figuur 4/14.59-2 op de transparante printpagina, is wat afmetingen betreft aangepast aan het printje van de belpuls detector van hoofdstuk 4/14.54. De drie soldeerlipjes aan de rechterkant van de print, zie de componentenopstelling van figuur 4/14.59-3, staan tegenover de functie-compatibele lipjes op de print van de belpuls detector. Beide schakelingen zijn dus tot een compact geheel samen te bouwen. Transistor T4 moet op een klein U-vormig koelplaatje bevestigd worden. Omdat er absoluut geen standaardisatie bestaat in de afmetingen van scheidingstrafootjes voor lichtorgels zijn op de print een heleboel gaatjes voorzien voor het onderbrengen van dit onderdeel. Denk er bij de montage van dit trafootje aan dat, in tegenstelling tot wat gebruikelijk is, de wikkeling met het meeste aantal windingen met het piëzotweetertje verbonden moet worden! In figuur 4/14.59-4 is een impressie gegeven van het compleet gemonteerde prototype van deze schakeling.

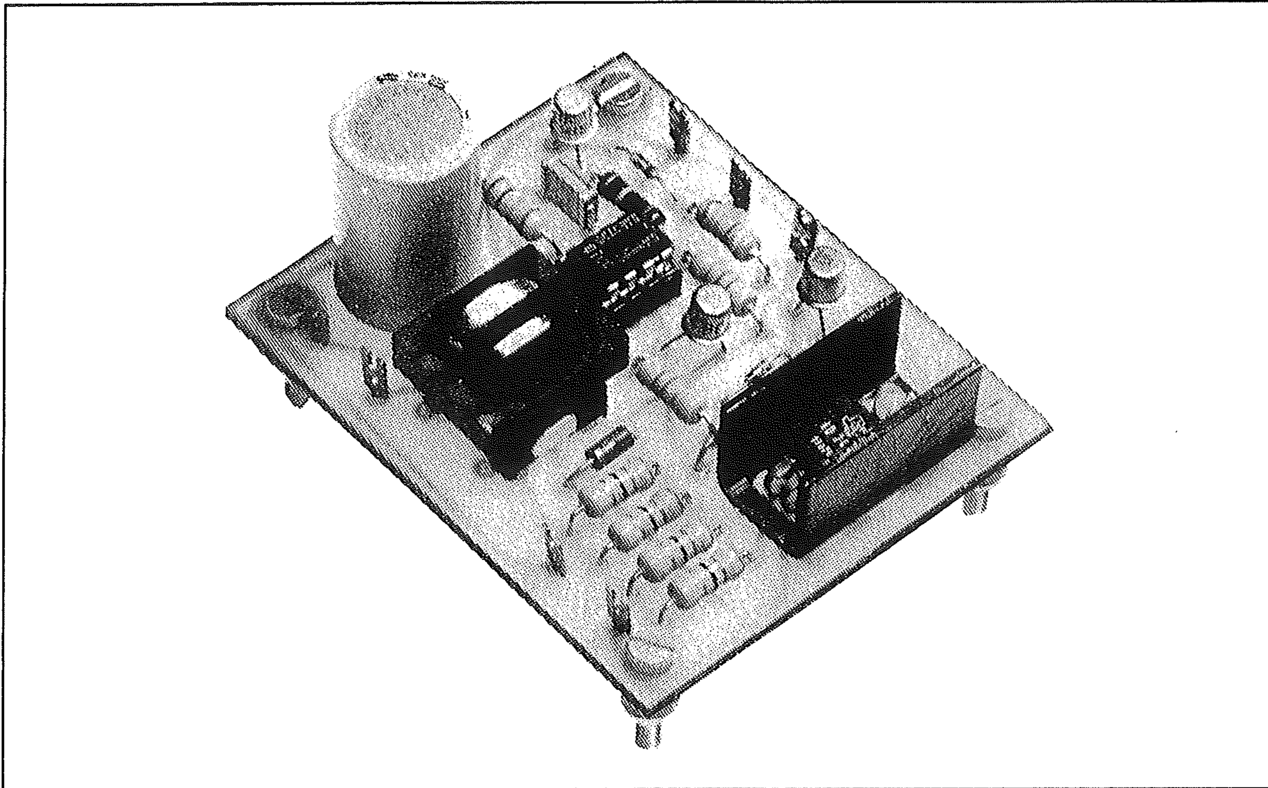
14.59 Groot-volume telefoonbel



Figuur 4/14.59-3: De componentenopstelling van de print.

Testen van de bel
De schakeling kan ook zonder belpuls detector getest worden. Na het aan de schakeling solderen van de piëzo-ceramisch luidspreker en het verbinden met een voeding van +15 V kan men door middel van een draadje de ingang met de +15 V verbinden. Het typische geluid van een elektronische telefoonbel moet nu met een behoorlijk volume uit het speakertje opstijgen. Als de schakeling op deze manier werkt is men er zeker van dat de bel het ook zal doen in combinatie met de belpuls detector.

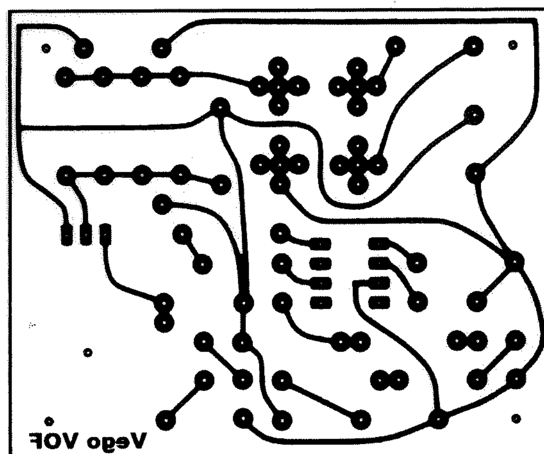
14.59 Groot-volume telefoonbel



Figuur 4/14.59-4: Het prototype van de schakeling.

Belangrijk!
Denk bij het testen aan de twee reeds genoemde aandachtspunten:
- De schakeling niet langer dan ongeveer een halve minuut ononderbroken laten werken!
- De schakeling niet laten werken zonder belasting op de secundaire van het trafootje!

14.59 Groot-volume telefoonbel



Figuur 4/14.59.2: De print voor de schakeling.

4/14.60

Exclusief weerstation met dot-bar display

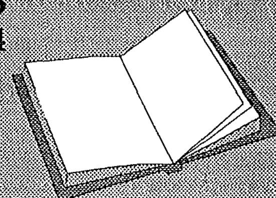
Inleiding

Waarom zelfbouw?
Waarom zou iemand tegenwoordig de moeite doen om een weerstation zelf te bouwen? Immers, voor zo'n *f* 150,00 kan men bij Conrad Elektronik een kant en klaar apparaat bestellen dat binnen- en buitentemperatuur, luchtdruk en vochtigheidsgraad op een LCD-display zichtbaar maakt. Iedereen kan natuurlijk zo'n apparaatje kopen en men kan echt niet het woord "exclusief" op zo'n kastje plakken. Dat kan wél op het in dit hoofdstuk beschreven ongeveer *f* 200,00 kostende ontwerp. Iedere grootheid wordt immers uitgelezen door middel van een dot-bar schaal die uit niet minder dan 60 LED's is samengesteld!

Belangrijke opmerking
Om teleurstellingen te voorkomen moet worden opgemerkt dat dit géén bouwproject voor de beginner is! Het gehele ontwerp bevat een groot aantal onderdelen en moet met de nodige zorgvuldigheid in elkaar worden gesoldeerd. Bovendien moet er heel wat afgeregeld worden en de afregelprocedures zijn niet eenvoudig en zeer tijdrovend. Ook deze procedures mogen niet slordig uitgevoerd worden maar met zeer grote nauwkeurigheid. Maar daar tegenover staat dat men, zeker als men handig genoeg is om de elektronica in een mooie behuizing in te bouwen, een juweeltje van een apparaat in huis haalt dat zeker de aandacht van iedere bezoeker zal trekken!

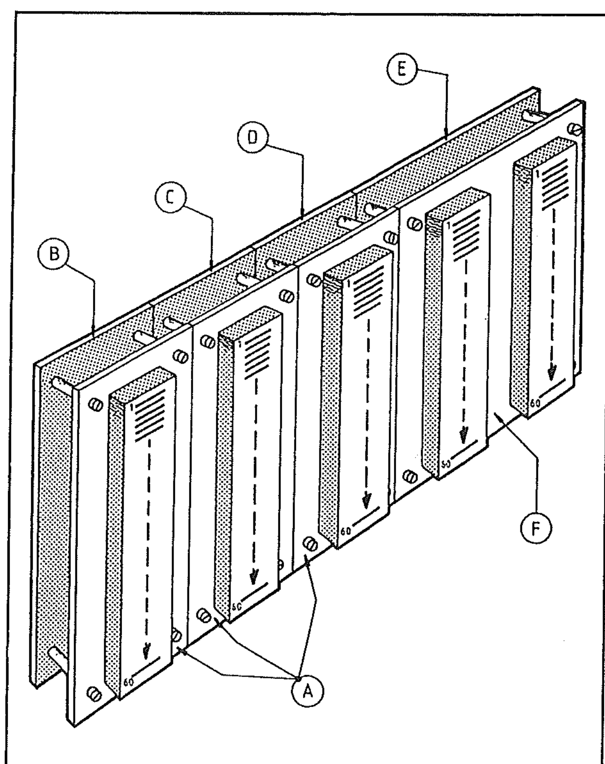
Samenstelling
De elektronica is opgebouwd op zes verschillende printen die volgens figuur 4/14.60-1 tot een volledig weerstation kunnen worden samengevoegd. Voor die lezers die een beetje schrikken van de genoemde richtprijs van *f* 200,00 kan voorop worden gesteld dat het niet persé noodzakelijk is het volledige systeem na te bouwen. Zo worden bij het prototype twee afzonderlijke uitlees-printen gebruikt voor het aangeven van de binnen- en buitentemperatuur. Men zou natuurlijk kunnen bezuinigen door slechts één uitleesprint te gebruiken en deze door middel van een eenvoudig omschakelaartje te verbinden met de sensorschakelingen die

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.24
Hoofdstuk 6/6.18.1
Hoofdstuk 6/6.18.3
Hoofdstuk 6/6.18.4



14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

respectievelijk de binnen- en buitentemperatuur meten. Een tweede voorbeeldje van misschien overbodige luxe is de uitlees-print F, die bedoeld is voor het uitlezen van de luchtdruk. In het prototype is deze print uitgerust met twee identieke kolomindicatoren. Op de ene wordt de momentele luchtdruk aangegeven, de tweede kan door middel van een knopje worden ingesteld op dezelfde uitlezing. Zo kan men dus een tendens-uitlezing opbouwen zodat men steeds onmiddellijk kan vaststellen of de luchtdruk gestegen of gedaald is ten opzichte van de vorige dag. Bij de beschrijving van de elektronica van de barometer wordt echter een goedkoper alternatief aan de hand gedaan, waarbij beide gegevens op één kolom worden voorgesteld door het toepassen van een elektronische schakelaar.



Figuur 4/14.60-1: Zo komt het weerstation er uit te zien!

De uitlezing

Men zal ondertussen al wel begrepen hebben dat het weerstation is voorzien van thermometerschaal-uitlezingen met LED's. En hier is absoluut niet bezuinigd! Iedere schaal bevat niet minder dan zestig LED's samengeperst op een lengte van vijftien centimeter.
Technisch is dat niet zo'n probleem, omdat er een mooi Telefunken IC in de handel is waarmee men in één keer dertig LED's kan aansturen. Ook constructief is dat geen enkel probleem, omdat er LED-array's verkrijgbaar zijn waarin tien LED's keurig op een rijtje zitten in een DIL-20 behuizing.
Wel zou men zich de vraag kunnen stellen waarom er gekozen is voor een thermometerschaal en niet voor een cijferdisplay. Voor de temperatuur- en vochtigheidschalen zou dat inderdaad best wel hebben gekund, maar in de praktijk blijkt dat het erg onhandig is de luchtdruk door middel van een getal uit te lezen. Want zegt het u wat als het apparaat beweert dat de luchtdruk gelijk is aan 1.010 hectopascal?
Nee toch! Op een thermometerschaal, daarentegen, heeft men onmiddellijk in de gaten of de barometer stijgt of daalt en of men de zonnebril of de paraplu uit de kast moet halen.

Cijfers?

Wie toch liever cijfertjes ziet dansen behoeft dit hoofdstuk echter niet over te slaan. De sensorschakelingen zijn zo ontworpen dat de uitgangsspanningen rechtstreeks evenredig zijn met de nummerieke waarde van de gemeten grootheid. Of, iets minder ingewikkeld gesteld, de temperatuursensor levert een uitgangsspanning van +1,95 V als de temperatuur +19,5 °C is.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

Kamer-temperatuur in °C	Buiten temperatuur in °C	Lucht-vochtigheid in %	Lucht-druk in hPa
⩾ + 34,5	⩾ + 39	⩾ 79	⩾ 1078
+ 34	+ 38	78	1076
+ 33,5	+ 37	77	1074
+ 33	+ 36	76	1072
+ 32,5	+ 35	75	1070
+ 32	+ 34	74	1068
+ 31,5	+ 33	73	1066
+ 31	+ 32	72	1064
+ 30,5	+ 31	71	1062
+ 30	+ 30	70	1060
+ 29,5	+ 29	69	1058
+ 29	+ 28	68	1056
+ 28,5	+ 27	67	1054
+ 28	+ 26	66	1052
+ 27,5	+ 25	65	1050
+ 27	+ 24	64	1048
+ 26,5	+ 23	63	1046
+ 26	+ 22	62	1044
+ 25,5	+ 21	61	1042
+ 25	+ 20	60	1040
+ 24,5	+ 19	59	1038
+ 24	+ 18	58	1036
+ 23,5	+ 17	57	1034
+ 23	+ 16	56	1032
+ 22,5	+ 15	55	1030
+ 22	+ 14	54	1028
+ 21,5	+ 13	53	1026
+ 21	+ 12	52	1024
+ 20,5	+ 11	51	1022
+ 20	+ 10	50	1020
+ 19,5	+ 9	49	1018
+ 19	+ 8	48	1016
+ 18,5	+ 7	47	1014
+ 18	+ 6	46	1012
+ 17,5	+ 5	45	1010
+ 17	+ 4	44	1008
+ 16,5	+ 3	43	1006
+ 16	+ 2	42	1004
+ 15,5	+ 1	41	1002
+ 15	0	40	1000
+ 14,5	- 1	39	998
+ 14	- 2	38	996
+ 13,5	- 3	37	994
+ 13	- 4	36	992
+ 12,5	- 5	35	990
+ 12	- 6	34	988
+ 11,5	- 7	33	986
+ 11	- 8	32	984
+ 10,5	- 9	31	982
+ 10	- 10	30	980
+ 9,5	- 11	29	978
+ 9	- 12	28	976
+ 8,5	- 13	27	974
+ 8	- 14	26	972
+ 7,5	- 15	25	970
+ 7	- 16	24	968
+ 6,5	- 17	23	966
+ 6	- 18	22	964
+ 5,5	- 19	21	962
⩽ + 5	⩽ - 20	⩽ 20	⩽ 960

Figuur 4/14.60-2: De schaalindelingen van de vier dot-bar schalen.

De schaalverdelingen

De drie printjes A zijn identiek en zijn bedoeld voor het uitlezen van de kamertemperatuur, de buitentemperatuur en de luchtvochtigheid. De schaalindelingen zijn getekend in figuur 4/14.60-2. De kamertemperatuur loopt van +5 °C tot en met +34,5 °C. De resolutie is een halve graad. De schaal voor de buitentemperatuur gaat van -20 °C tot en met +39 °C met een resolutie van één graad. De luchtvochtigheid wordt gemeten als relatieve vochtigheid en wordt bijgevolg in percenten uitgedrukt. De schaal gaat van 20 % tot en met 79 %. De resolutie is 1 %, dat is in feite veel te klein want de betaalbare elektronische vochtigheidssensoren hebben een eigen onnauwkeurigheid die veel groter is dan 1 %! En dat is nog een reden waarom de ontwerper gekozen heeft voor een LED-uitlezing. Het heeft geen enkele zin een temperatuur, druk of vochtigheidspercentage tot één cijfer na de komma uit te lezen als dit laatste cijfer toch volledig onbetrouwbaar is door de eigen fout van sensoren!

De functie van de printen

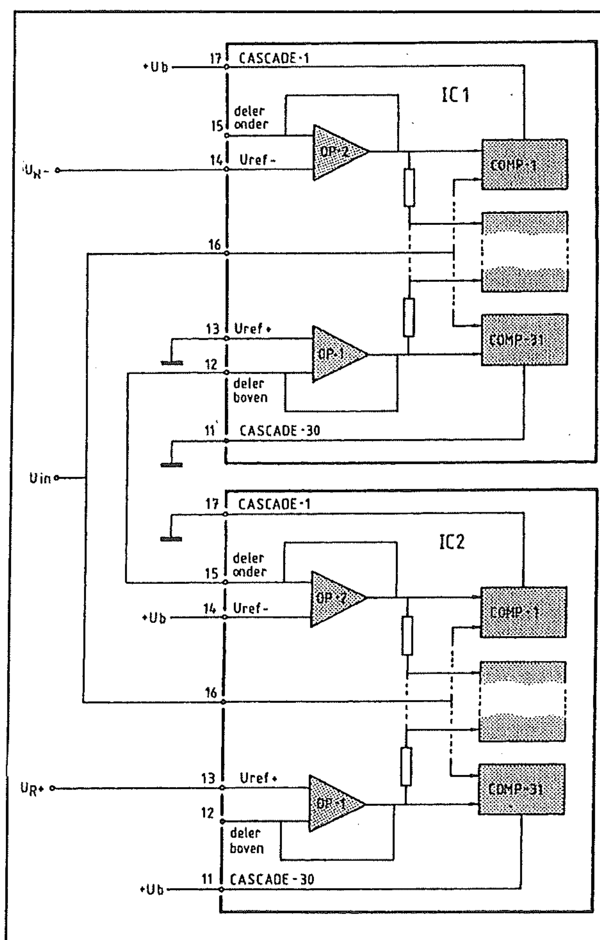
Achter de drie uitleesprinten A worden de sensorprinten B, C en D gemonteerd. Print B bevat de kamerthermometer en omdat dit iets is dat iedereen wel wil meten bevat deze print ook de voeding voor de gehele schakeling en de referentiespanning, die wordt gebruikt voor het ijken van alle schalen. Print C bevat de buitentemperatuurschakeling, die nogal afwijkt van de schakeling van de kamertemperatuur. Omdat de buitentemperatuur negatief kan worden, moet de uitgangsspanning van deze print ook negatief kunnen worden. Vandaar bevat deze print naast de eigenlijke sensorschakeling ook nog eens een schakelingetje dat een

negatieve voedingsspanning genereert en een niveau-aanpasser, die het bipolaire uitgangssignaal "optilt" naar een volledig positief verlopende spanning die nodig is voor het sturen van de LED's. Print D biedt onderdak aan de vochtigheidsschakeling, die veel ingewikkelder is dan de schakelingen die de temperaturen meten. Resten nog de printen E en F. De functie van de dubbele uitleesprint F is reeds aan de orde geweest. Print E bevat de drukgevoelige sensor en de schakeling die de weerstandsvariaties van de sensor omzet in een geijkte uitgangsspanning. Deze schakeling is overigens de meest gecompliceerde van het volledige project en bovendien is het ijken van de uitgangsspanning op de reële luchtdruk allesbehalve een sinecure! De schaal van de barometer bestrijkt het gebied tussen 960 hectopascal en 1078 hectopascal. Zoals u wellicht weet wordt de luchtdruk tegenwoordig uitgedrukt in de gestandaardiseerde drukeenheid pascal. Maar gelukkig loopt deze voor wat de luchtdruk betreft gelijk op met de oude eenheid millibar.

De uitleesprint

2 x U1096B

Op dit moment is er nog geen IC verkrijgbaar waarmee men 60 LED's kan sturen. Men moet zich dus behelpen met de U1096B van Telefunken. Dit IC is ondergebracht in een 18-polige DIL-behuizing en kan dankzij een zeer ingenieuze interne schakeling, waar overigens patent is op aangevraagd, uit slechts 9 aansluitingen 30 LED's aansturen. Die uitgangsschakeling van het IC is niet zo interessant. Veel belangrijker is de ingangsschakeling, want de exacte kennis daarvan is onontbeerlijk als men twee dergelijke IC's in cascade moet schakelen voor het aansturen van 60 LED's. De interne ingangsschakeling is getekend in figuur 4/14.60-3. Tussen de pennen 12 en 15 is een weerstandsdeler opgenomen, samengesteld uit 30 identieke in serie geschakelde weerstanden.



Figuur 4/14.60-3: De ingangsschakelingen in de U1096B en de manier waarop twee IC's met elkaar verbonden moeten worden.

Op deze aansluitingen kan men twee referentiespanningen aansluiten, die de onderste en bovenste grenzen van het meetgebied bepalen. Die referenties worden via operationele versterkers op het IC aan-

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

gesloten. De bovenste referentie hoort thuis op pen 13 en de onderste op pen 14. Het spanningsverschil tussen beide referenties wordt door de 30 weerstanden in even zovele stukjes gehakt en in 31 comparatoren met de ingangsspanning vergeleken. Deze ingangsspanning wordt aangesloten op pen 16. Het IC bevat twee extra stuuringangen, "CASCADE-30" en "CASCADE-1" genoemd. Als men deze pennen met de voedingsspanning van het IC verbindt zullen de onderste en de bovenste LED blijven branden als de ingangsspanning kleiner of groter wordt dan de referenties. Verbindt men deze pennen echter met massa, dan zullen deze LED's doven als het meetgebied onder- of overschreden wordt.

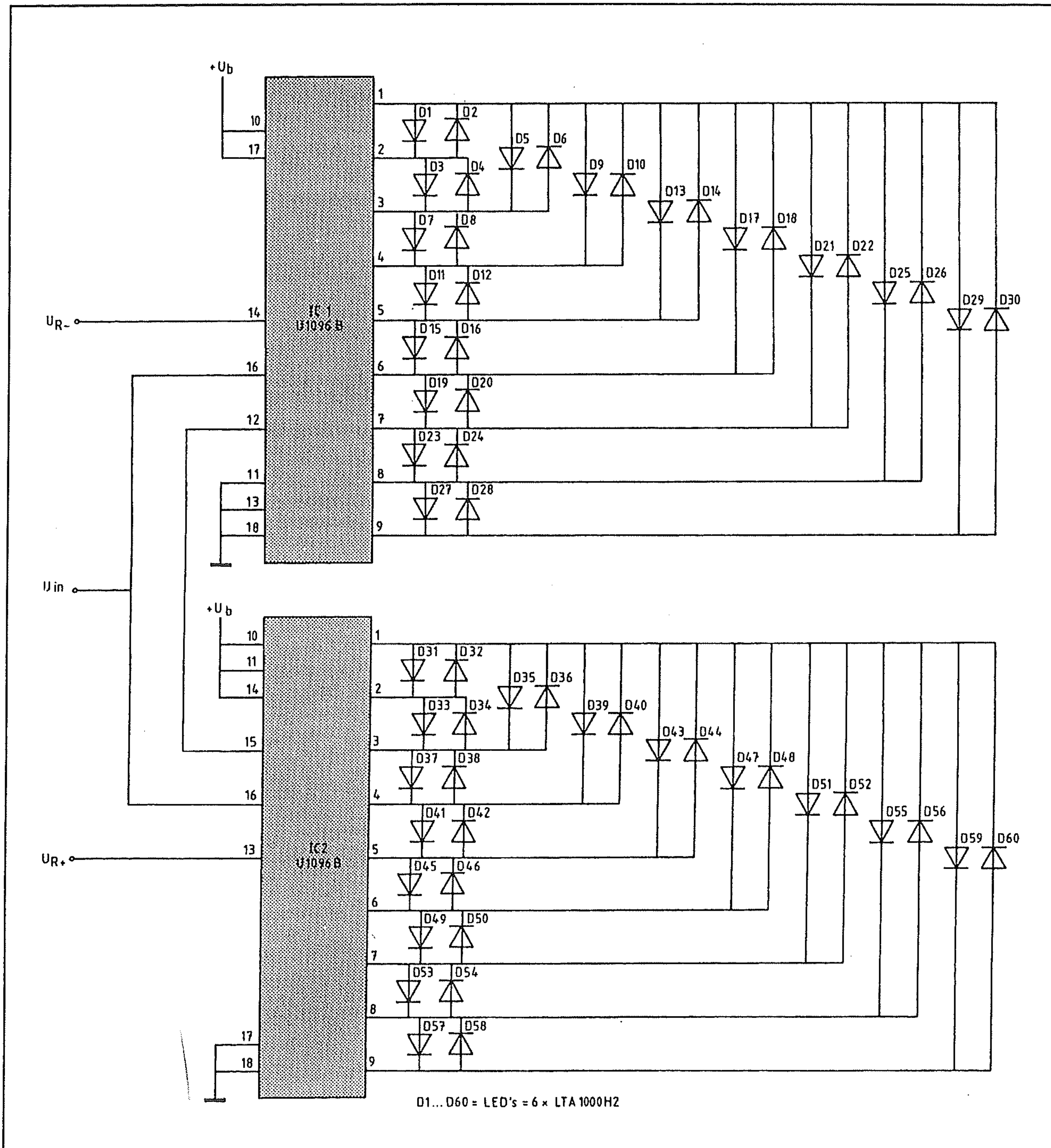
Het cascaderen

Met deze wetenschap in het achterhoofd kan men de schakeling samenstellen waarmee twee U1096B IC's kunnen worden gecascadeerd. De bovenste referentie UREF+ van IC2 wordt verbonden met de externe spanning UR+ die de maximale waarde van het meetgebied bepaalt. De 60 weerstanden worden in serie geschakeld door pen 15 van IC2 te verbinden met pen 12 van IC1. De onderste referentie UREF- van IC1 wordt ingesteld op de externe spanning UR- die de minimale waarde van het gebied vastlegt. Het spanningsverschil wordt nu verdeeld tussen de 60 weerstanden en in principe is de schakeling klaar. De onderste operationele versterker OP-2 van IC2 en de bovenste (OP-1) van IC1 kunnen echter roet in het eten gooien. De uitgangen van deze schakelingen zijn namelijk verbonden met het knooppunt van de spanningsdeler en zonder speciale maatregelen te treffen zouden de uitgangsimpedanties van de op-amp's de weerstandsdeling van de spanningsdeler kunnen beïnvloeden. Gelukkig heeft de fabrikant dit probleem voorzien en zijn creatie zo ontworpen dat men OP-1 en OP-2 kan uitschakelen. OP-1 wordt het zwijgen opgelegd door zijn ingang op pen 13 met massa te verbinden en OP-2 wordt afgevoerd door zijn ingang op pen 14 met de voeding te verbinden. Tot slot moet men er alleen nog voor zorgen dat de bovenste LED van IC1 en de onderste LED van IC2 niet blijven branden als de ingangsspanning buiten het bereik van een der IC's valt. Het volstaat pen 11 van IC1 en pen 17 van IC2 aan massa te leggen. Uiteraard worden de twee ingangen parallel geschakeld en met de te meten spanning verbonden.

Het schema van de uitleesprint

Het volledige schema van de uitleesprint is getekend in figuur 4/14.60-4. De ingangsschakeling is reeds besproken in de vorige paragraaf. De uitgangsschakeling bestaat uit niets meer dan de 60 LED's die op de specifieke, door Telefunken "TELEPAREL" genoemde, manier met de IC's verbonden zijn. De stroom door de LED's wordt gestabiliseerd door een interne stroombron wat als groot voordeel heeft dat het niets uitmaakt als men verschillende kleuren LED's door elkaar gebruikt. Zo zou men bijvoorbeeld de schaal voor de kamertemperatuur tussen 18 °C en 22 °C kunnen uitrusten met groene LED's, tussen 15 °C en 18 °C en tussen 22 °C en 24 °C met gele LED's en voor de rest met rode LED's. Men moet dan wel losse LED's gebruiken. De in de prototypes toegepaste LED-array's van het type LTA1000 van het Japanse fabrikaat Litton zijn weliswaar ook in verschillende kleuren te verkrijgen, maar dan kan men uiteraard slechts om de 10 LED's van kleur wisselen.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

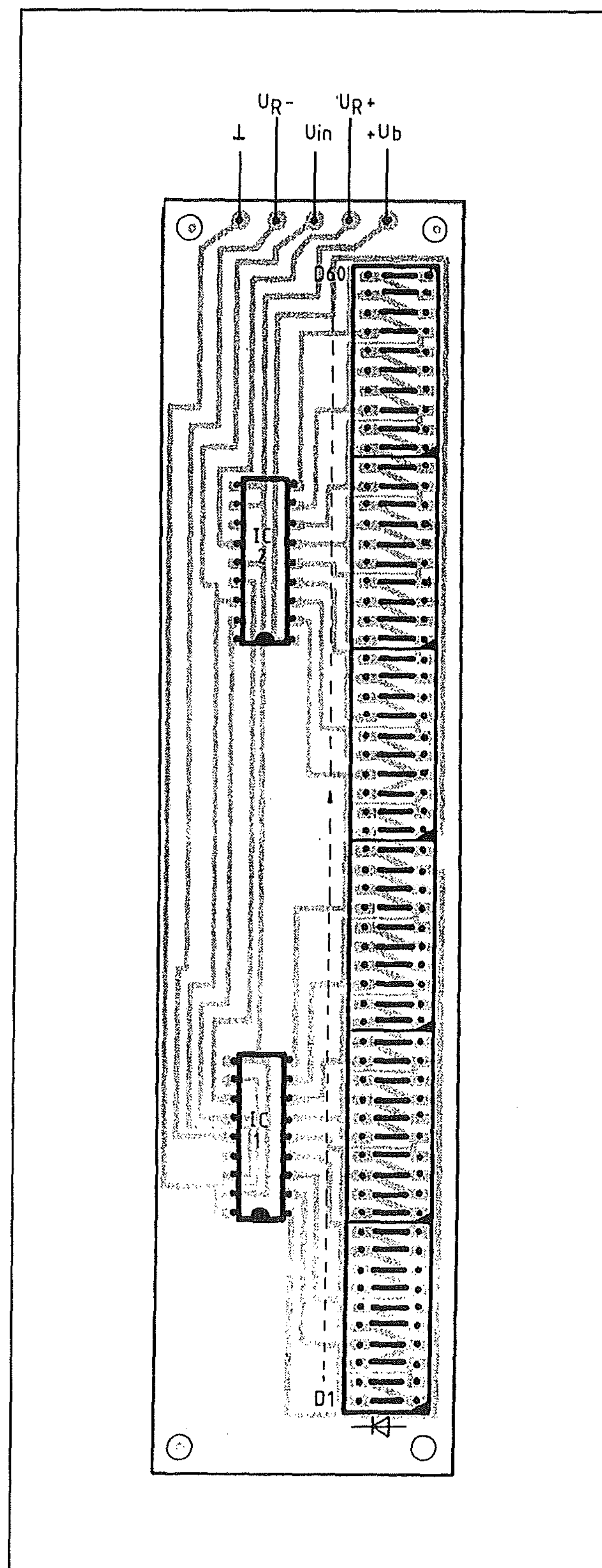


Figuur 4/14.60-4: Het volledig schema van de uitleesprint.

Toch wordt ten stelligste aangeraden gebruik te maken van deze array's omdat het in de praktijk zo goed als onmogelijk is de 60 losse LED's keurig op één rijtje te monteren.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

De bouw van de uitleesprint
De print van de uitleesschakeling is getekend als print A in figuur 4/14.60-5 op de transparante printpagina aan het einde van dit hoofdstuk en de componentenopstelling in figuur 4/14.60-6.
De print heeft 5 aansluitingen, naast de onontbeerlijke massa en voedingsaansluiting +Ub kan men met U_{R-} en U_{R+} het meetgebied instellen en via U_{in} de te meten spanning toevoeren.
Figuur 4/14.60-7 geeft een impressie van de compleet gemonteerde uitleesprint.
Wie het volledige weerstation wil nabouwen moet uiteraard vier of vijf identieke printen vol solderen.

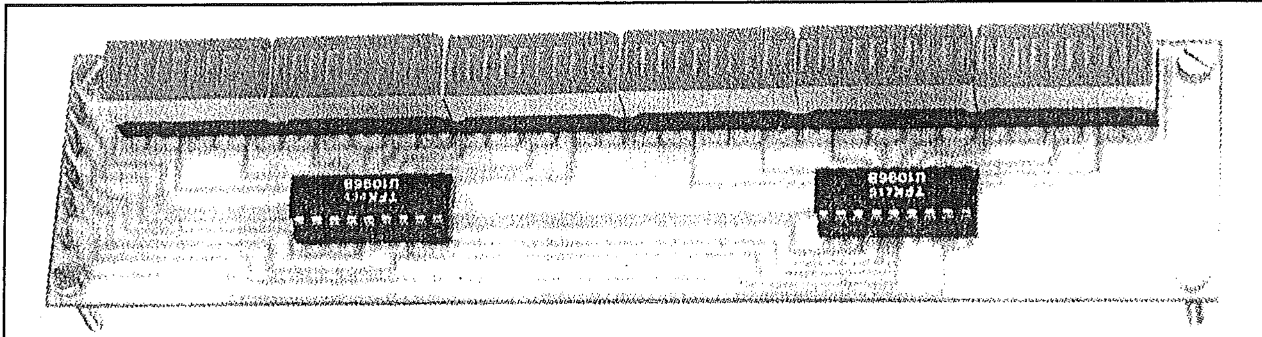


Figuur 4/14.60-6: De componentenopstelling van de uitleesprint.

De binnenthermometer

Inleiding
Er zijn verschillende schakelingen ontwikkeld waarmee men een temperatuur in een elektrische spanning kan omzetten.
Men kan bijvoorbeeld gebruik maken van weerstanden waarvan de waarde op de één of de andere manier afhankelijk is van de temperatuur.
Naast hun zeer geringe prijs hebben deze zogenoemde thermistoren geen enkel voordeel. Hun niet-lineariteit is berucht evenals hun grote onderlinge spreidingen.
Tegenwoordig gebruikt men voor het meten van een temperatuur uiteraard een IC, waarbij de keuze onmiddellijk valt op de LM35 van National Semiconductors.
Dit IC is leverbaar in een TO-92 behuizing met de aansluitgegevens van figuur 4/14.60-8. Het IC is intern geijkt op een uitgangsspanning van +10 mV/°C over een temperatuursgebied tussen de -55 °C en +50 °C. Ideaal geschikt dus voor deze toepassing!

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-7: Een impressie van de volledig gemonteerde uitleesprint.

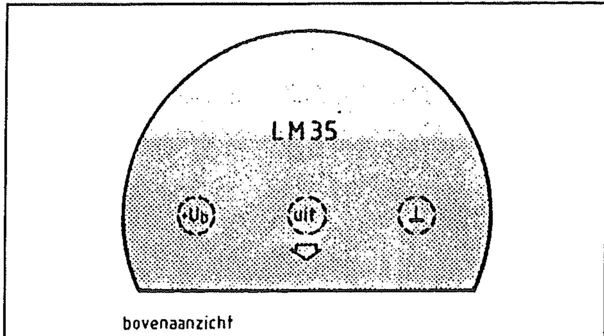
ONDERDELENLIJST UITLEESPRINT

HALFGELEIDERS

D1 t.e.m. D60	6 x LTA1000H2
IC1,IC2	U1096B

DIVERSEN

2	IC-voetje, 18 pennen
6	IC-voetje, 20 pennen
5	printsoldeerlipje

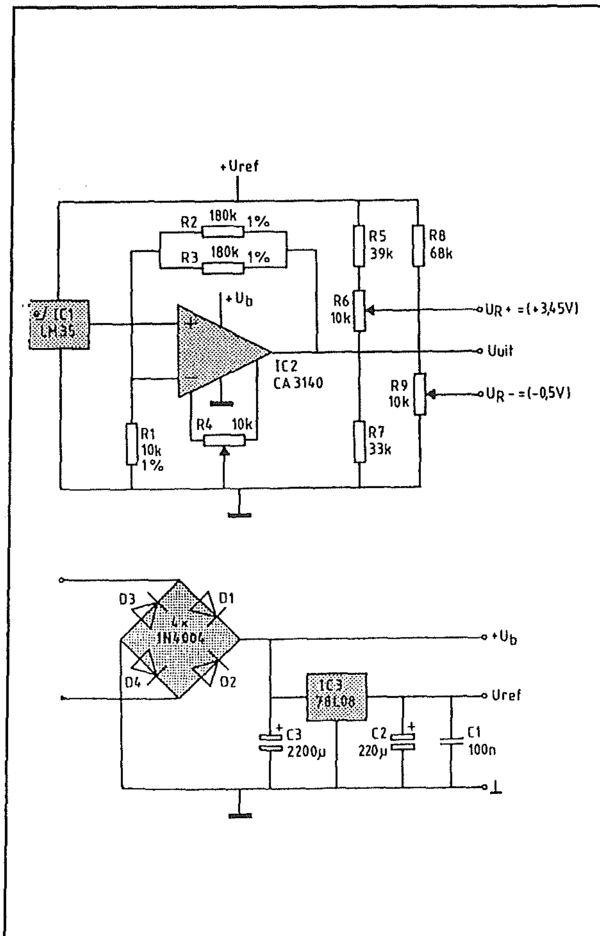


Figuur 4/14.60-8: Aansluitgegevens in bovenaanzicht van de LM35.

Praktisch schema

Het volledig praktische schema van de kamertemperatuur print is getekend in figuur 4/14.60-9. Uit een externe voedingstrafo van 9 V (dat zou bijvoorbeeld een stekertrafootje kunnen zijn) wordt door middel van een bruggelijkrichter D1 tot en met D4 en een afvlakelco C3 een voedingsspanning van ongeveer 12 V afgeleid. Dit is de voedingsspanning $+U_b$ voor het volledige weerstation. Uit deze ongestabiliseerde spanning maakt een 78L08 stabilisator (IC3) een mooie en stabiele gelijkspanning van 8 V. Deze spanning U_{REF} is de referentiespanning voor alle schakelingen van het weerstation. Sensor IC1 wordt rechtstreeks uit deze spanning gevoed. Het uitgangssignaal van het IC is te klein voor het aansturen van de uitlees-print. Er wordt een operationeel versterkertje IC2 tussen geschakeld waarvan de versterking op precies 10 wordt ingesteld. De weerstanden die daarvoor verantwoordelijk zijn, R1, R2 en R3, moeten dan ook een tolerantie hebben van 1 %. Wat in de meeste schakelingen mogelijk is, namelijk het vervangen van de CA3140 door een goedkopere 741, is hier absoluut verboden.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-9: Het schema van de binnenthermometer.

De op-amp wordt slechts uit één voedingsspanning gevoed en wat de 3140 wél kan, namelijk signalen verwerken die slechts enige tientallen mV's groter zijn dan de spanning op de negatieve voedingsaansluiting, kan de 741 absoluut niet.
De offset van de op-amp wordt gecompenseerd door instelpotentiometer R4 tussen de daarvoor bestemde pennen van het IC en de massa aan te sluiten. De kamerthermometer heeft een schaal tussen de +5 °C en +34,5 °C. De versterkte uitgangsspanning van de sensor doorloopt dus het gebied tussen +0,5 V en +3,45 V. De twee referentiespanningen van de uitleesprint moeten op deze grenzen worden ingesteld. Vandaar de aanwezigheid van twee spanningsdelers. Met R6 kan men de bovenste referentie U_{R+} instellen op +3,45 V, met R9 kan men de onderste referentie U_{R-} afregelen op precies +0,5 V.

Selectie van de sensor
Als sensor wordt een LM35 van NatSemi toegepast.
Er bestaan vijf versies van dit IC, waarvan de prijs nogal uiteen loopt.
Een en ander heeft te maken met de nauwkeurigheid en de niet-lineariteit van het onderdeel. Iedere nabouwer kan aan de hand van onderstaande gegevens zélf beslissen welke sensor toegepast moet worden.

- LM35
  De standaard uitvoering met een bereik van -55 °C tot +150 °C, een onnauwkeurigheid van +/-0,4 °C tot +/-1,5 °C en een niet-lineariteit van 0,5 °C.
- LM35A
  Dit is een geselecteerde versie met een bereik van -55 °C tot +150 °C, een gegarandeerde onnauwkeurigheid van +/-1,0 °C en een niet-lineariteit van 0,35 °C.
- LM35C
  De goedkope uitvoering met een bereik van -40 °C tot +110 °C, een onnauwkeurigheid van +/-0,6 °C tot +/-2,0 °C en een niet-lineariteit van 0,5 °C.
- LM35CA
  Geselecteerde versie van de LM35C met een bereik van -40 °C tot +110 °C, een gegarandeerde onnauwkeurigheid van +/-1,5 °C en een niet-lineariteit van 0,3 °C.
- LM35D
  Een goedkope uitvoering met een bereik van 0 °C tot +110 °C, een onnauwkeurigheid van +/-0,6 °C tot +/-2,0 °C en een niet-lineariteit van 0,5 °C.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

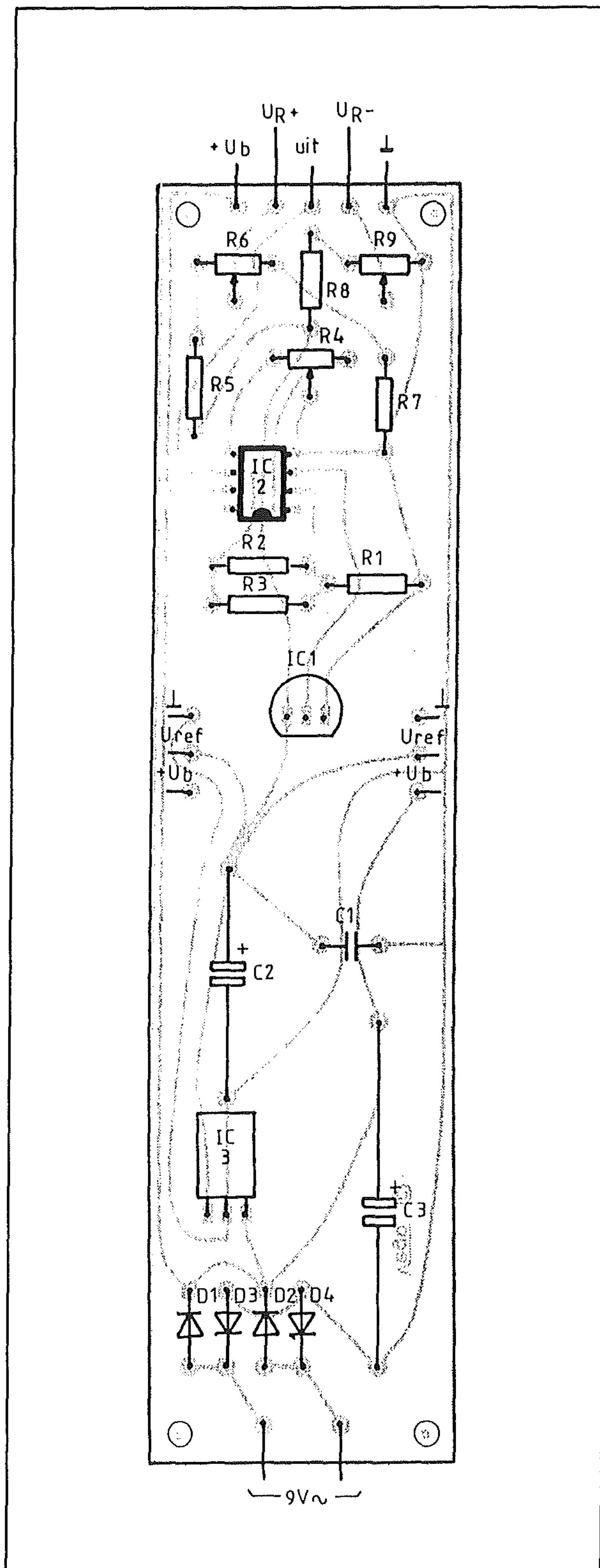
ONDERDELENLIJST BINNENTHERMOMETER

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R5	39 kΩ
R7	33 kΩ
R8	68 kΩ
WEERSTANDEN, METAALFILM, 1 %	
R1	10 kΩ
R2,R3	180 kΩ
INSTELPOTENTIOMETER, 10 x 5 mm, STAAND	
R4,R6,R9	10 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	100 nF MKH
C2	220 μF16 V axiale elco
C3	2.200 μF35 V axiale elco
HALFGELEIDERS	
D1,D2,D3,D4	1N4004
IC1	LM35
IC2	CA3140
IC3	78L08
DIVERSEN	
1	IC-voetje, 8 pennen
13	printsoldeerlipje

De bouw van de binnenthermometer
De print voor de kamerthermometer wordt voorgesteld als B op de transparante print-pagina. Uiteraard is deze print even groot als de uitleesprint, zodat het mogelijk is beide printen tot een compact geheel te verenigen door ze door middel van 10 mm lange afstandsbusjes koper tegen koper te bevestigen. De componentenopstelling is in figuur 4/14.60-10 getekend, terwijl figuur 4/14.60-11 bewijst dat ook deze schakeling in de praktijk is getest.

Afregelen van de binnenthermometer
Alvorens de print met de voedingsspanning wordt verbonden, wordt de temperatuursensor IC1 weer uit de print gesoldeerd. De uitgangsklem wordt verbonden met de massa. Op de uitgang van de schakeling wordt een digitale voltmeter aangesloten.
Men verdraait de loper van R4. Bij een bepaalde stand zal de voltmeter iets gaan aanwijzen. Men draait de loper van instelpotentiometer R4 heel langzaam terug en observeert de schaal van de meter. Bij een bepaalde stand zal de uitgangsspanning precies gelijk worden aan 0,0 V. Dit is de juiste positie van R4 voor het compenseren van de offset van IC2.
Bij sommige exemplaren van de CA3140 zal het noodzakelijk zijn de waarde van de instelpotentiometer R4 te verhogen tot 47 kΩ om deze afregeling te kunnen uitvoeren.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-10: De componentenopstelling van de binnenthermometer.

Echter: éérst proberen met 10 kΩ! Nadien soldeert men de sensor weer in de print en regelt de twee referenties U_{R+} en U_{R-} af op respectievelijk +3,45 V en +0,5 V.De schakeling is nu afgeregeld en de juiste werking kan nog even worden gecontroleerd door de universeelmeter met de uitgang van de schakeling te verbinden. De spanning moet ongeveer gelijk zijn aan +2,0 V, althans in de veronderstelling dat men werkt in een ruimte van ongeveer 20 °C. Als dat in orde is kan men beide printen op elkaar schroeven, vijf doorverbindingen aanbrengen en de binnenthermometer voorlopig solitair in gebruik nemen.

De buitenthermometer

Het principe

In principe kan men zonder problemen de ook in de binnenthermometer gebruikte temperatuursensor LM35 van National Semiconductor toepassen in een schakeling die zowel positieve als negatieve temperaturen moet kunnen meten. Het IC werkt immers nauwkeurig binnen de opgegeven toleranties tussen -40 °C en +120 °C.

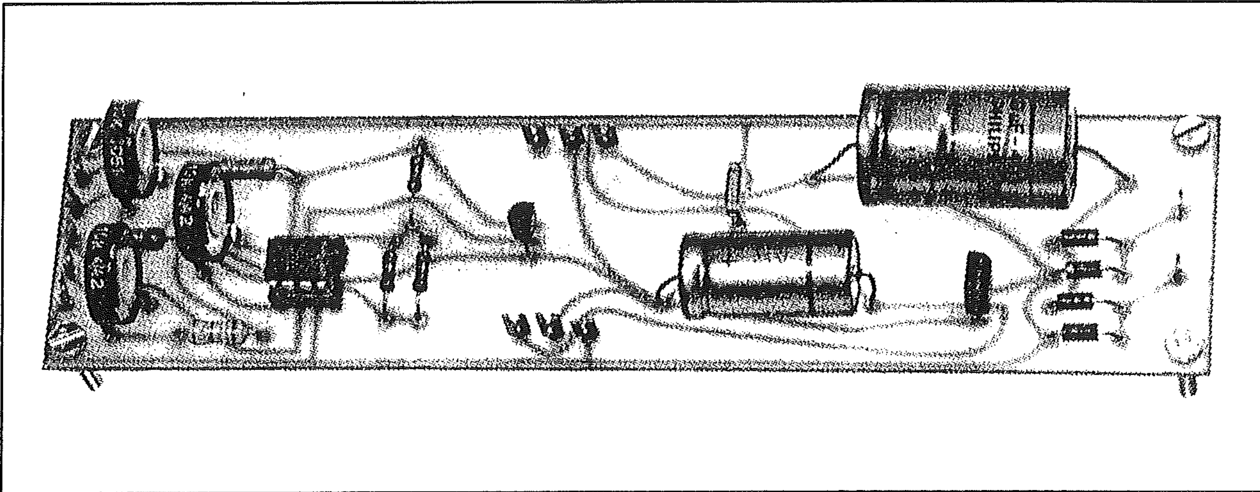
Maar het zal duidelijk zijn dat een negatieve temperatuur een negatieve spanning tot gevolg heeft.

Even voor de hand liggend is de conclusie dat dit alleen mogelijk is als het IC bipolair, dus uit een positieve en een negatieve spanning gevoed wordt.

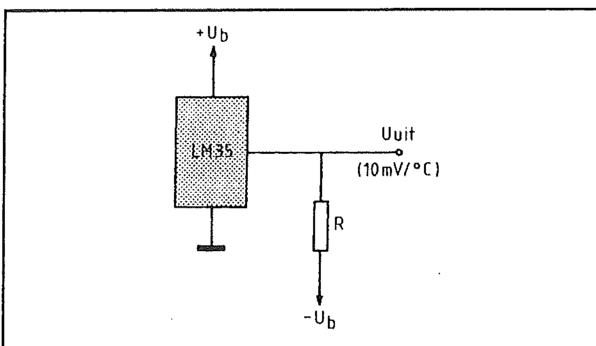
Het basisschema van de LM35, gebruikt als bipolaire sensor, is getekend in figuur 4/14.60-12.

De uitgang van het IC wordt via een weerstand R verbonden met de negatieve voeding -Ub.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-11: Het prototype van de binnenthermometer.



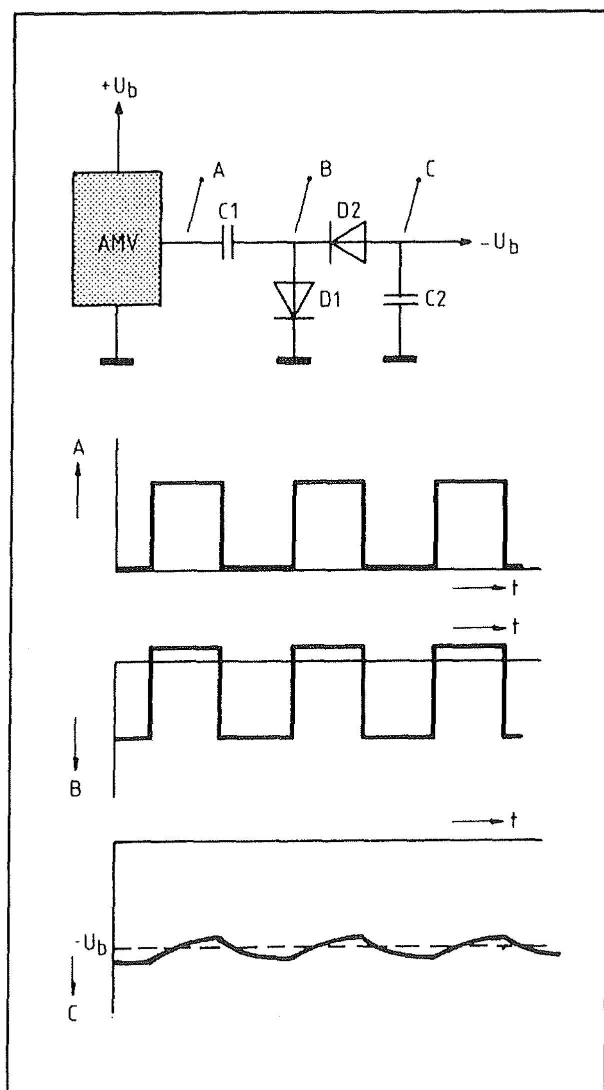
Figuur 4/14.60-12: Op deze manier kan men met een LM35 negatieve temperaturen meten.

Op de uitgang ontstaat een spanning die rechtstreeks evenredig is met de temperatuur met de reeds bekende omzettingsfactor van 10 mV/°C. Een temperatuur van precies 0 °C heeft een uitgangsspanning van precies 0 V tot resultaat. Bij -20 °C daalt de uitgangsspanning tot -200 mV. Over het gewenste meetbereik van -20 °C tot +40 °C levert de schakeling dus een uitgangsspanning tussen -200 mV en +400 mV. Er doen zich twee problemen voor. Op de eerste plaats moet er op de print van de buitenthermometer een schakeling worden ondergebracht die de noodzakelijke negatieve voedingsspanning voor de sensor genereert. Op de tweede plaats moet de uitgangsspanning van de sensor als het ware worden "opgetild", omdat de uitleesprint alleen positieve ingangsspanningen kan meten. De bipolaire uitgangsspanning van de sensor moet worden omgezet in een positief meetsignaal, waarbij uiteraard het lineaire verband tussen temperatuur en spanning niet verloren mag gaan.

Negatieve voedingsspanning

Hoewel er speciale IC's bestaan die uit een positieve voedingsspanning een even grote negatieve spanning kunnen genereren, kan de schakeling net zo goed met een alledaags IC'tje zoals een 555 worden uitgewerkt. Het principe van deze "diodepomp" is getekend in figuur 4/14.60-13. Een astabiele multivibrator wordt gevoed uit de bestaande positieve voedingsspanning +Ub. De uitgang van deze schakeling is een mooie blokgolf (spanning A) die heen en weer slingert tussen de massa en de +Ub. Deze spanning wordt aangeboden aan een clampkring, samengesteld uit diode D1 en de condensator C1. Zonder de diode zou er op de rechter plaat

van de condensator een spanning staan die symmetrisch was ten opzichte van de massa. De diode zorgt er echter voor dat de spanning op dit punt niet hoger kan worden dan ongeveer +0,65 V, de geleidingsspanning van de diode.



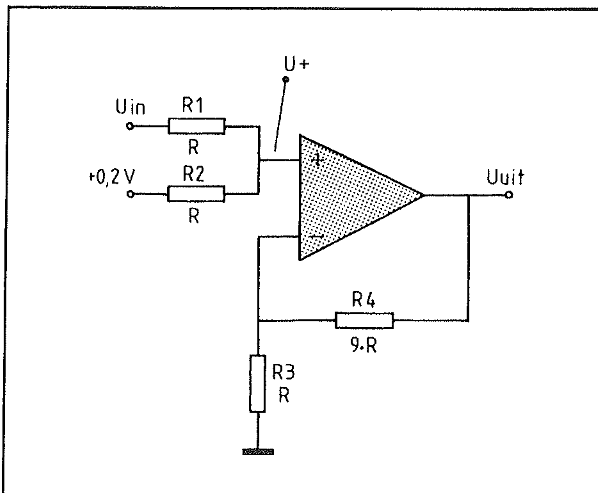
Figuur 4/14.60-13: Het genereren van een negatieve voedingsspanning uit een positieve voedingsspanning.

Het gevolg is dat de spanning als het ware wordt vastgenageld of geclampt op de massa. De positieve vierkantsgolf is door middel van twee onderdeeltjes omgezet in een negatieve blokspanning! Dit negatieve signaal kan op de gebruikelijke manier worden gelijkgericht door middel van een tweede diode D2 en afgevlakt met een condensator C2. Over dit laatstgenoemde onderdeel staat een negatieve gelijkspanning, waarvan de grootte gelijk is aan de grootte van de positieve voeding, minus de geleidingsspanningen van beide dioden. Uit een spanning van +12 V kan dus een negatieve spanning van ongeveer -10 V worden gehaald. Meer dan genoeg voor het instellen van de temperatuursensor en de operationele versterker die op de sensor volgt.

Van bipolair naar unipolair

Probleem is hoe een spanning die varieert tussen -200 mV en +400 mV om te zetten in een positieve spanning die groot genoeg is om de LED-indicator aan te sturen. Men zou bijvoorbeeld als eis kunnen stellen dat de uitgangsspanning van de omzetter het gebied van 0 V tot +3 V moet bestrijken. Er bestaan tal van schakelingetjes die dat kunnen, waarbij in de meeste gevallen gebruik wordt gemaakt van twee inverterende operationele versterkers en een negatieve referentiespanning die het bereik van de spanning verplaatst naar het positieve gebied. Nu is dat laatste vervelend, want er is wel een mooie positieve referentie in het systeem, maar geen negatieve. Na enig geëxperimenteer werd een schakelingetje ontwikkeld met slechts één operationele versterker waarbij de bestaande referentiespanning van +8 V kan worden toegepast. Het schema is getekend in figuur 4/14.60-14 en bestaat uit niets meer dan een als niet-inverterende versterker geschakelde op-amp en twee mengweerstanden R1 en R2. Aan een van deze weerstanden wordt een referentie-

spanning van +200 mV aangeboden, de tweede weerstand wordt verbonden met de uitgang van de sensor. Omdat beide weerstanden even groot zijn, zal er een spanningsdeler worden gevormd, waarbij het knooppunt tussen de weerstanden steeds wordt ingesteld op de helft van het totale spanningsverschil tussen beide ingangen. Uit de tabel van figuur 4/14.60-15 volgt wat dit betekent. Het gebied van -200 mV tot en met +400 mV wordt omgezet in een gebied tussen 0 V en +300 mV!



Figuur 4/14.60-14: Een ingenieuze schakeling om de uitgangsspanning van de sensor om te zetten in een versterkte unipolaire spanning.

Temp. in °C	U.in in mV	U.+ in mV	U.uit in V
+40	+400	+300	+3
+30	+300	+250	+2,5
+20	+200	+200	+2
+10	+100	+150	+1,5
0	0	+100	+1
-10	-100	+50	+0,5
-20	-200	0	0

Figuur 4/14.60-15: Uit deze meetwaarden volgt de werking van de schakeling van figuur 4/14.60-14.

De geïntroduceerde verzwakking met een factor 2 kan uiteraard gemakkelijk worden gecompenseerd in de versterker. Deze wordt door de 1/9-weerstanden R3 en R4 ingesteld op een versterking van 10, zodat de uitgangsspanning varieert tussen 0 V en +3 V. Deze spanning kan rechtstreeks worden aangeboden aan de ingang van de LED-indicator, waarbij de bovenste referentie wordt afgeregeld op +3 V en de onderste aan de massa kan liggen.

Het volledig schema

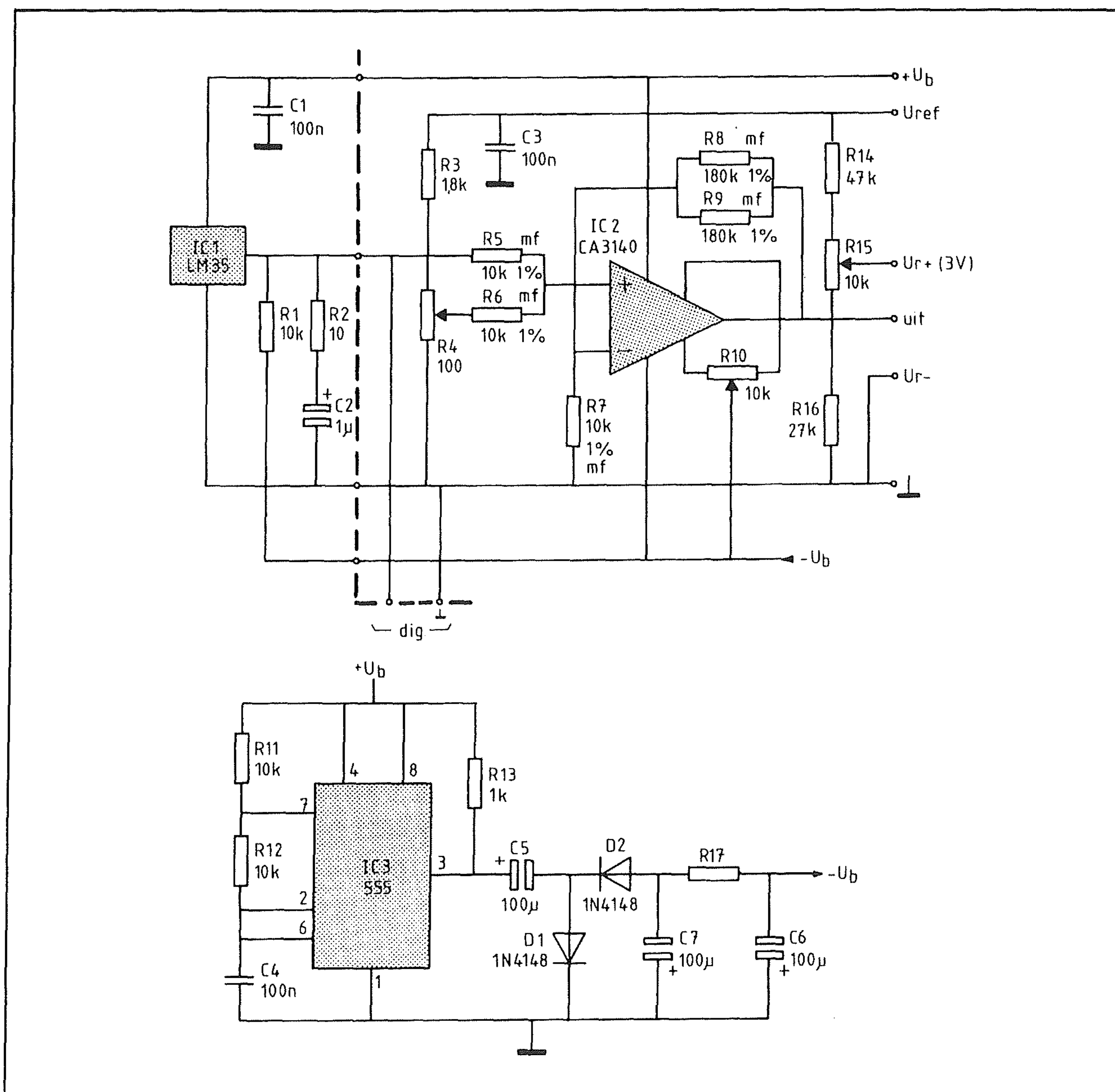
Het volledige schema van de schakeling van de buitenthermometer is getekend in figuur 4/14.60-16. Het is uiteraard duidelijk dat de sensor zélf niet op de print kan zitten, maar ergens buiten het huis moet worden gemonteerd.

De vette stippellijn in het schema geeft de scheiding weer tussen de onderdelen die samen met de sensor op een klein printje buiten worden gemonteerd en de onderdelen die op de hoofdprint zitten. Omdat het kan voorkomen dat de sensor met een tamelijk lang kabeltje op de print wordt aangesloten, moeten er op dat kleine printje enige maatregelen tegen oscillatie worden genomen.

Op de eerste plaats wordt tussen de voeding +Ub en de massa condensator C1 aangebracht. Tussen de uitgang van de sensor en de massa wordt een dempingskring geschakeld, samengesteld uit de serieschakeling van een kleine weerstand R2 en een condensator C2. Dit is de door de fabrikant voorgeschreven schakeling als men de LM35 door middel van een lange kabel met de meetschakeling moet verbinden.

De +200 mV referentie wordt door middel van de serieschakeling van R3 en R4 uit de U_{REF} afgeleid.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-16: Het volledig schema van de buitenthermometer.

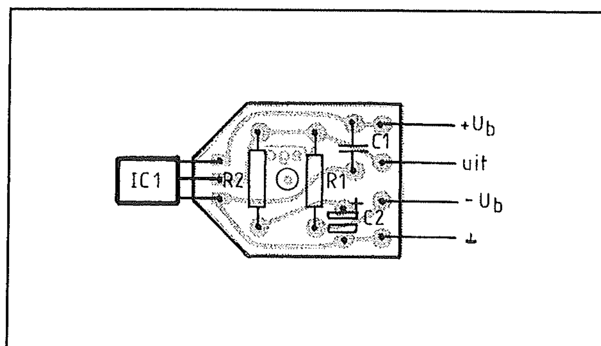
De waarde van R4 moet zo klein mogelijk zijn, omdat de waarde van deze weerstand in serie staat met een van de 1 % weerstanden van het optelnetwerkje en daardoor de gelijkheid van de twee 1 % weerstanden wordt beïnvloed. De 1/9 verhouding tussen de weerstanden die de versterking van de op-amp op exact 10 vast leggen wordt weer gerealiseerd door twee 1 % weerstanden van 180 kΩ parallel te schakelen. De astabiele multivibrator voor de generator van de negatieve voeding is op de standaardmanier samengesteld rond IC3, een 555 timertje. De negatieve voedingsspanning wordt nog eens extra afgevlakt en gefilterd door middel van een RC-kring R17 en C6. Zoals reeds geschreven kan de onderste referentie voor de

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

ONDERDELENLIJST BUITENTHERMOMETER

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R11,R12	10 kΩ	
R2	10 Ω	
R3	1,8 kΩ	
R13	1 kΩ	
R14	47 kΩ	
R16	27 kΩ	
R17	100 Ω	
WEERSTANDEN, METAALFILM, 1 %		
R5,R6,R7	10 kΩ	
R8,R9	180 kΩ	
INSTELPOTENTIOMETERS, 10 x 5 mm, STAAND		
R4	100 Ω	
R10,R15	10 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1,C3,C4	100 nF	MKH
C2	1 μF	16 V printelco
C5,C6,C7	100 μF	25 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1,D2	1N4148	
IC1	LM35	
IC2	CA3140, mini-DIL	
IC2	555, mini-DIL	
DIVERSEN		
2	IC-voetje, 8 pennen	
17	printsoldeerlipje	

LED-indicator U_{R-} rechtstreeks met de massa worden verbonden. De bovenste referentiespanning U_{R+} van +3 V wordt afgeleid uit de deler R14/R15/R16. Het printje voor de sensor is getekend op de transparante printpagina als C. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.60-17. Het sensor-IC steekt dus buiten de print uit, zoals duidelijk te zien is op de foto van het prototype in figuur 4/14.60-18. ***Let echter op!*** De foto werd gemaakt voordat het printje getest was en voordat de foutieve montage van de LM35 ontdekt was! Dit IC'tje moet 180° gedraaid worden gemonteerd met de afgeplatte en gecodeerde kant naar onderen!



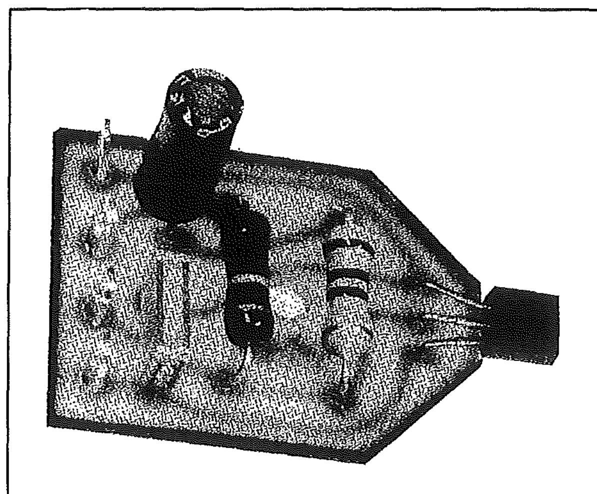
Figuur 4/14.60-17: De componentenopstelling van de sensorprint.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

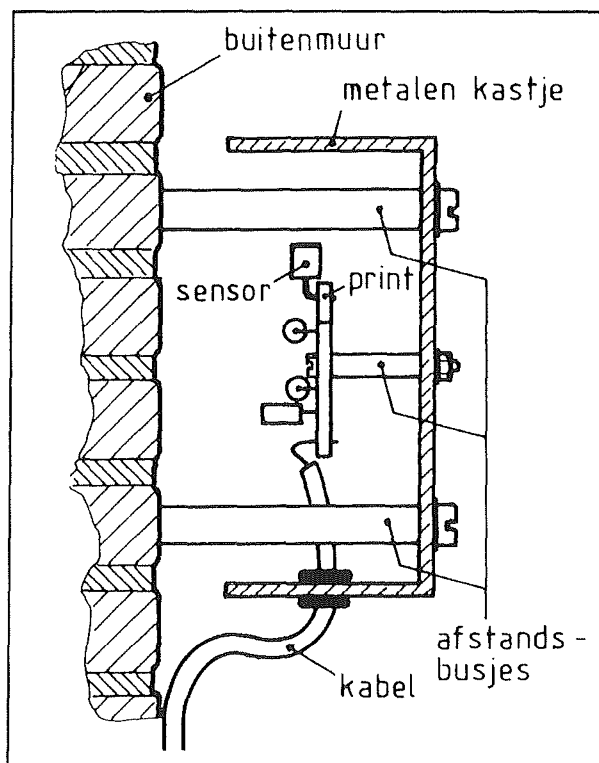
De verdere bewerking van de sensorprint
Nadat een vieraderige kabel aan de vier aansluitlipjes is gesoldeerd moet het volledige printje aan weerszijden met vochtafstotende, maar elektrisch isolerende lak worden behandeld. Bij de definitieve montage kan men de sensorprint het beste in een klein metalen doosje zonder bodem onderbrengen en dit ergens buiten monteren op een plaats waar de zon niet rechtstreeks op schijnt. In figuur 4/14.60-19 is een mogelijke montage geschetst. Doordat het metalen kastje zonder bodem via afstandsbusjes op de buitenmuur is geschroefd kan de buitenlucht wel vrij rond de sensor wervelen, maar is de elektronica toch afgeschermd van vocht en sneeuw.

De hoofdprint
Het ontwerp van de hoofdprint is getekend als D op de transparante printpagina. Deze heeft uiteraard dezelfde afmetingen als de uitleesprint en kan op dezelfde manier koper tegen koper worden gemonteerd als de binnenthermometer. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.60-20. Het volledig gemonteerde prototype wordt geportretteerd in figuur 4/14.60-21.

Afregelen
De hoofdprint wordt verbonden met zijn eigen uitleesprint en met de print van de binnenthermometer, zodat de massa, de voeding en de referentiespanning ter beschikking staan. De sensorprint is niet nodig voor de afregeling. Na tien minuten opwarmingstijd wordt de positieve ingang van de op-amp met de negatieve verbonden en de offset op de uitgang weggeregeld met R10. Men sluit dus een voltmeter aan op de uitgang van de schakeling en regelt tot de uitgangsspanning 0 V bedraagt.

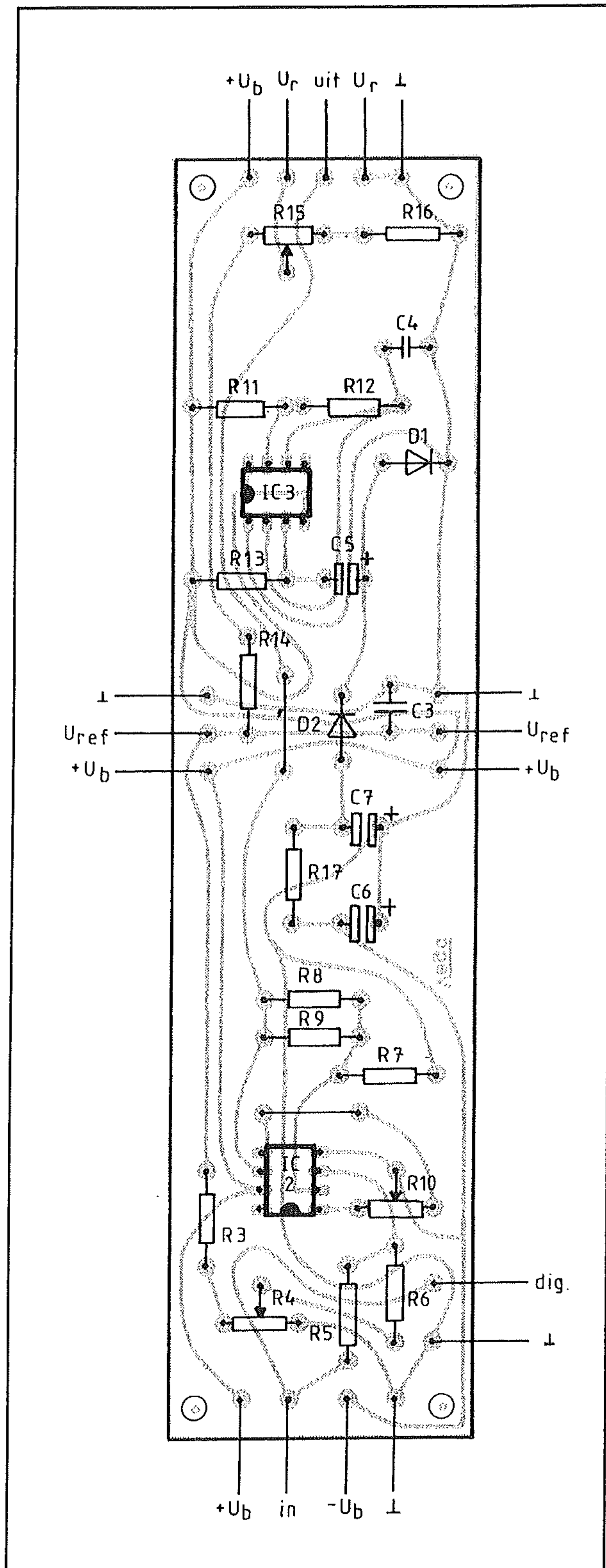


Figuur 4/14.60-18: Het prototype van de sensorprint, waarop het sensor IC verkeerd gemonteerd is. Lees de tekst!



Figuur 4/14.60-19: De montage van de sensorprint tegen de buitenmuur.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-20: De componentenopstelling van de buitenthermometer.

Nadien wordt de kortsluiting tussen beide ingangen verwijderd, de ingang van de print met de massa verbonden en R4 afgeregeld tot er op de loper precies 0,200 V staat.
De voltmeter wordt naar de U_{R+} uitgang verplaatst, de spanning op dit punt wordt met behulp van R15 afgeregeld op +3,000 V. De schakeling is nu klaar voor gebruik en kan met de sensorprint verbonden worden.

De luchtvochtigheidsmeter

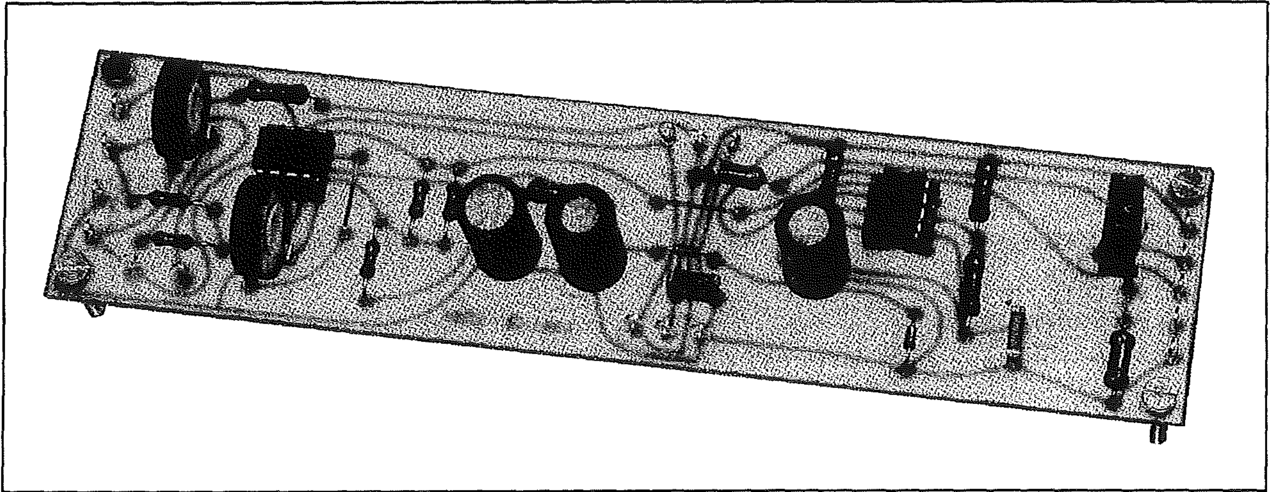
Inleiding

Het vochtgehalte van de lucht is een factor die in niet geringe mate de graad van welbehagen in een ruimte bepaalt. Een te droge lucht kan niet alleen lichamelijke klachten zoals hoofdpijn veroorzaken, maar werkt ook een algemeen gevoel van onbehagen in de hand. Zeker nu bijna iedereen in centraal verwarmde, goed geïsoleerde huizen woont zou men veel meer aandacht moeten besteden aan deze klimatologische grootheid.

Wat is luchtvochtigheid?

Een eerste vraag die moet worden beantwoord is wat luchtvochtigheid nu eigenlijk is en hoe deze grootheid wordt uitgedrukt. Alle zogenoemde hygrometers voor huishoudelijke toepassingen hebben een schaal die geijkt is in procenten en meten bijgevolg een relatieve grootheid die relatieve luchtvochtigheid wordt genoemd. Absoluut droge lucht heeft een relatieve vochtigheid van 0 %, volledig met vocht verzadigde lucht drijft de naald van de hygrometer naar de 100 %.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-21: Het prototype van de buitenthermometer.

In een leefbare atmosfeer moet de relatieve vochtigheid liggen tussen 40 % en 60 %.

H_{abs}, H_{verz} en $H_{\%}$

De relatieve vochtigheid wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de absolute vochtigheid en de verzadigingsvochtigheid van een hoeveelheid lucht. De absolute vochtigheid H_{abs} is simpelweg de hoeveelheid water, uitgedrukt in kg, die in een kubieke meter lucht aanwezig is. In formulevorm:

H_{abs} = hoeveelheid water / luchtvolume (kg/m^3) De verzadigings-vochtigheid H_{verz} drukt de maximale hoeveelheid water uit die in een kubieke meter aanwezig kan zijn en wordt bijgevolg eveneens uitgedrukt in kg/m^3. Deze fysieke grootheid is in grote mate afhankelijk van de temperatuur van de lucht. Algemeen bekend is dat koude lucht slechts weinig vocht kan bevatten, een verklaring voor het feit waarom niet dubbel uitgevoerde ramen eerder beslaan dan dubbelwandige ramen. De relatieve vochtigheid $H_{\%}$ wordt berekend door de absolute vochtigheid te delen door de verzadigings-vochtigheid:

$H_{\%} = H_{abs} / H_{verz}$ (%)

en het zal dus duidelijk zijn dat als de absolute vochtigheid van de lucht gelijk is aan de verzadigingswaarde de relatieve vochtigheid gelijk is aan 100 %.

Meten van vochtigheid

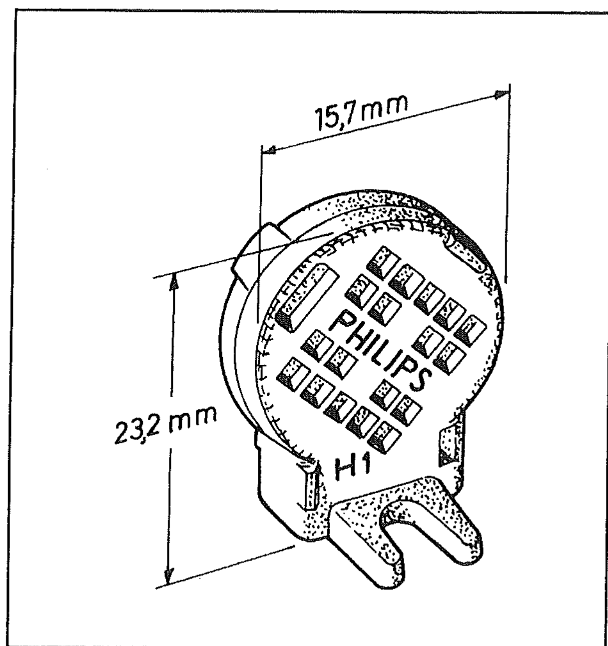
In de goedkope hygrometers die met een wijzertje werken wordt de relatieve vochtigheid gemeten door de zeer geringe uitzetting onder invloed van de vochtigheid van een paardenhaar mechanisch om te zetten naar de naald. Nu zijn deze meters om een aantal erg voor de hand liggende redenen alles behalve nauwkeurig. Zo zal de lengte van het paardenhaar ook sterk afhangen van de temperatuur van de lucht, zodat de meter erg temperatuursafhankelijk is. Bovendien zal het haartje in de loop der jaren gaan uitrekken, waardoor de meter een steeds hogere waarde gaat aanduiden. In het algemeen kan men stellen dat de absolute fout van een goedkope mechanische hygrometer in de buurt van de 20 % ligt. Let wel dat dit een absolute en geen procentuele fout is! Wanneer een hygrometer beweert dat de relatieve vochtigheid in een kamer 50 % is, kan de echte vochtigheid net zo goed 40 % of 60 % zijn!

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

Uiteraard zijn er zeer betrouwbare meetprocedures ontwikkeld, maar deze lenen zich uitsluitend voor laboratoriumgebruik.

Een elektronisch alternatief

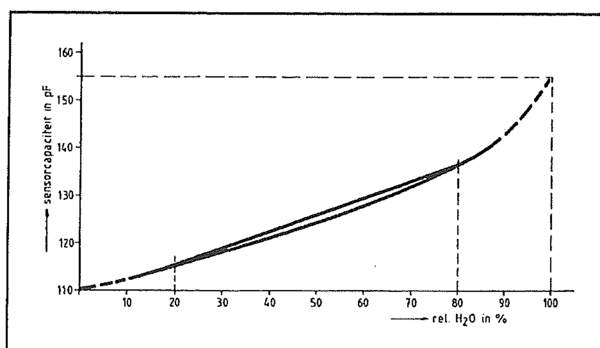
Het elektronische paardenhaar wordt ons aangeboden door Philips, die een betaalbaar onderdeel op de markt brengt waarmee zuiver elektronisch de relatieve vochtigheid van de lucht kan worden gemeten. Dit onderdeel wordt aangeboden onder de code 2322.691.90001 en is in feite niets anders dan een vochtgevoelige condensator. De condensator zit in een ronde kunststof behuizing ten grootte van een kwartje, zie figuur 4/14.60-22.



Figuur 4/14.60-22: De vochtsensor van Philips.

De lucht kan via de gaatjes aan weerszijden van de behuizing doordringen tot de condensator. De condensator is samengesteld uit een dunne hygroscopische kunststof folie. Dit materiaal zal de vochtigheid van de lucht in zich opnemen. Aan beide zijden van de folie is een dunne geleidende laag opgedampt. De folie vormt het diëlektricum van de condensator en de opgedampte lagen de twee elektroden. De capaciteit van deze condensator is afhankelijk van de dikte van het diëlektricum, de diëlektrische constante van de folie en van de afmetingen van de opgedampte oppervlakken.

Onder invloed van de luchtvochtigheid wijzigt de diëlektrische constante van de folie, waardoor de waarde van de condensator gaat verlopen. Helaas is de capaciteit van de sensor erg laag, gemiddeld 120 pF en verandert de waarde met niet meer dan ongeveer 45 pF over het volledige gebied tussen 0 % en 100 % relatieve vochtigheid. Zoals uit de grafiek van figuur 4/14.60-23 blijkt werkt de sensor tot overmaat van ramp niet lineair. Tussen 10 % en 80 % valt de afwijking nogal mee, daarboven echter stijgt de capaciteit erg snel als de vochtigheid van de lucht toeneemt.



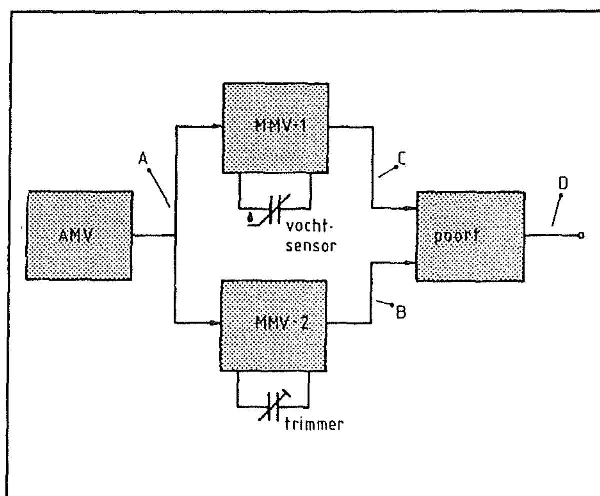
Figuur 4/14.60-23: Verband tussen de capaciteit van de sensor en de relatieve vochtigheid van de lucht.

Gelukkig bestrijkt de meter slechts het reële gebied van 20 % tot 80 %, zodat er geen speciale maatregelen moeten worden getroffen om de niet-lineariteit van de karakteristiek te compenseren. De sensor heeft een zeer geringe temperatuurs-

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

coëfficiënt, namelijk slechts 0,1 %/°C, zodat wat dat betreft het paardenhaar met vlag en wimpel wordt verslagen. Het enige zwakke punt van de sensor is de grote spreiding tussen de exemplaren onderling.

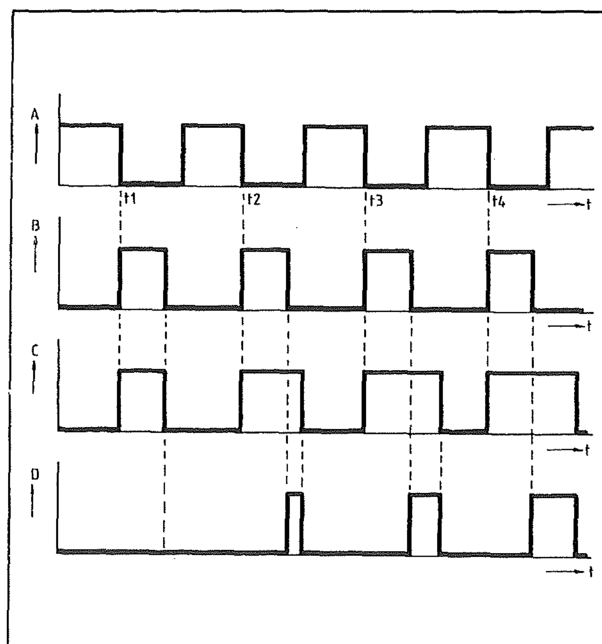
De capaciteit wordt opgegeven bij 43 % vochtigheid en ligt dan tussen 109 pF en 134 pF! Men ontkomt dus niet aan een grondige ijking van een schakeling waarin de sensor aanwezig is en dat is het grote probleem dat om de hoek komt kijken bij de nabouw van dit apparaatje. Want wie is in staat de luchtvochtigheid nauwkeurig te meten om de schakeling te kunnen ijken? Gelukkig is daar een handige en goedkope oplossing voor bedacht! De eerlijkheid gebiedt echter te zeggen dat deze oplossing ook zijn nadelen heeft.



Figuur 4/14.60-24: Het omzetten van een kleine capaciteitsvariatie in een daarmee evenredige pulsbreedte.

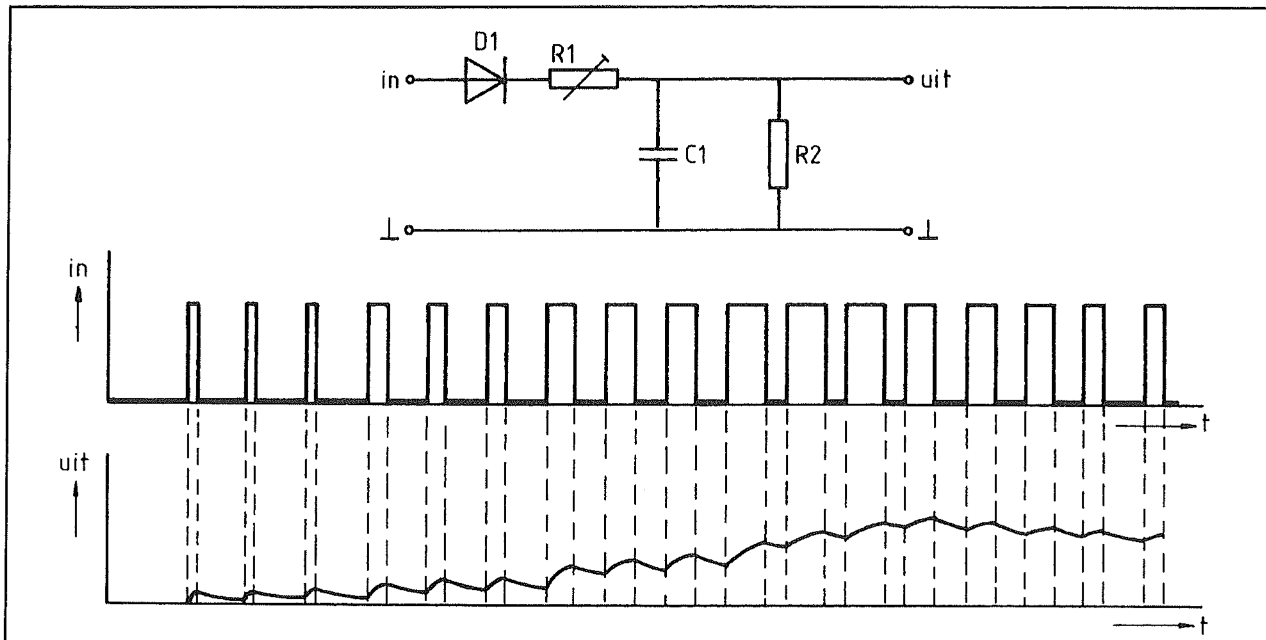
Van capaciteit naar spanning

Het grote probleem bij het ontwerpen van een relatieve vochtigheidsmeter met de Philips sensor is hoe een relatief kleine capaciteitsvariatie rond een op zich ook al kleine waarde kan worden omgezet in een spanning die over deze capaciteitsvariatie lineair stijgt van 0 V tot bijvoorbeeld +3 V. In figuur 4/14.60-24 is het toegepaste principe geschetst. Een astabiele multivibrator triggert twee volledig identiek samengestelde monostabiele multivibratoren. De breedte van de uitgangspuls die deze schakelingen opwekken, wordt bepaald door een RC tijd τ. Het enige verschil tussen beide schakelingen is dat de condensator die deze tijdconstante τ mede vast legt bij de ene schakeling bestaat uit de vochtsensor en bij de andere uit een trimmertje. Het trimmertje wordt zo afgeregeld dat zijn waarde gelijk is aan de waarde van de vochtsensor bij een relatieve vochtigheid van 0 %. De twee uitgangen van de monostabiele multivibratoren gaan naar een soort exclusieve poort, die alleen een uitgangsspanning opwekt als de logische niveaus op de beide ingangen niet aan elkaar gelijk zijn.



Figuur 4/14.60-25: De werking van de schakeling grafisch verklaard.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

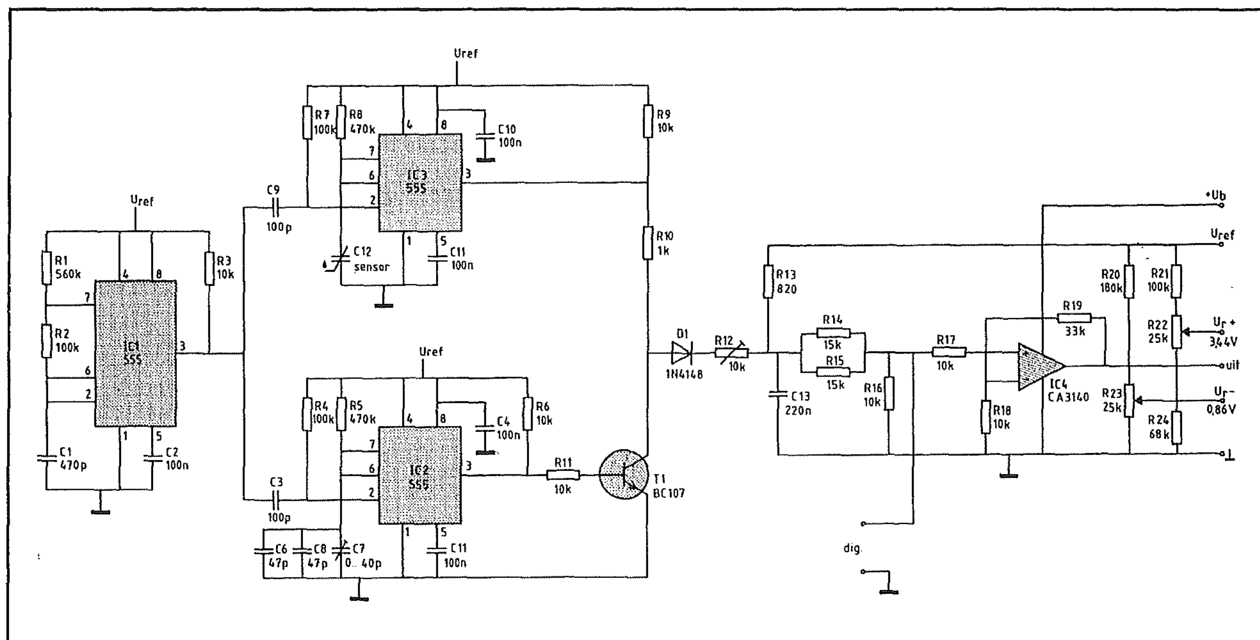


Figuur 4/14.60-26: Het omzetten van de variërende pulsbreedte in een gelijkspanning.

Aan de hand van de grafieken van figuur 4/14.60-25 wordt de werking van de schakeling verduidelijkt. De monostabiele multivibratoren worden getriggerd op de negatieve flank van de puls die door de astabiele multivibrator wordt geleverd. Stel dat op tijdstip t1 de relatieve vochtigheid van de lucht gelijk is aan 0 %. De capaciteit van de sensor is dan precies gelijk aan de capaciteit van de trimmer. De trimmer is op dit gegeven immers afgeregeld. Omdat beide MMV's identiek zijn kan men aannemen dat beide schakelingen een even brede uitgangspuls genereren. De twee pulsen B en C gaan naar de exclusieve poort, de uitgang van deze poort blijft echter nul omdat de twee ingangen op ieder moment hetzelfde logische niveau hebben. Stel dat op tijdstip t2 de vochtigheid van de lucht gestegen is tot 20 %. De capaciteit van de sensor is nu ongeveer 5 pF groter dan de capaciteit van de trimmer. Het gevolg is dat de puls van de bovenste monostabiele multivibrator iets breder zal zijn dan deze van de onderste. De poort wekt een smalle uitgangspuls op, waarvan de breedte gelijk is aan het breedteverschil tussen de pulsen op de ingangen. Op de tijdstippen t3 en t4 is de vochtigheid nog meer gestegen, waardoor de waarde van de sensorcapaciteit nog meer stijgt. De puls van MMV-1 wordt steeds breder, de uitgangspuls van de poort zal deze breedtetoename volgen.

Als besluit kan men vaststellen dat de schakeling een puls D levert, waarvan de breedte evenredig stijgt met de relatieve vochtigheid van de lucht. Een tweede belangrijke conclusie is dat de schakeling geen puls levert als de vochtigheid gelijk is aan 0 % en een puls met maximale breedte genereert als de vochtigheid gestegen zou zijn tot 100 %. Als men deze puls aanlegt aan een integrator zoals getekend in figuur 4/14.60-26 dan zal op de uitgang van de schakeling een gelijkspanning ontstaan, die evenredig is met de breedte van de pulsen die door de poort worden geleverd. De integrator werkt als een soort gelijkrichter met afvlakking.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-27: Het volledig schema van de luchtvochtigheidsmeter.

Condensator C1 wordt opgeladen via weerstand R1 als er spanning op de ingang aanwezig is en wordt ontladen via weerstand R2 als er geen spanning op de ingang aanwezig is. Het laden en ontladen heeft een evenwichtstoestand tot gevolg, waarbij voor iedere pulsbreedte aan de ingang een bepaalde gemiddelde gelijkspanning over de condensator ontstaat.

Het praktisch schema

Het volledige schema van de relatieve vochtigheidsmeter is getekend in figuur 4/14.60-27. De drie multivibratoren zijn samengesteld rond 555 timertjes. IC1 vormt de astabiele multivibrator, waarvan de frequentie wordt bepaald door de onderdelen R1, R2 en C1. De schakeling levert een brede positieve puls met een frequentie van ongeveer 7 kHz. De uitgangspuls van de astabiele multivibrator wordt door middel van twee differentiatoren C3-R4 en C9-R7 omgezet in zeer smalle negatief gerichte naaldpulsen, die de start-ingangen op pen 2 van de twee monostabiele multivibratoren triggeren. Deze ingangen liggen via weerstanden aan de positieve voeding en de MMV's worden getriggerd op het moment dat de spanning op pen 2 lager wordt dan ongeveer 2/3 van de voedingsspanning.
IC2 vormt de monostabiele referentie multivibrator. De periode van de uitgangspuls wordt bepaald door de onderdelen R5, C6, C7 en C8. IC3 is de vochtafhankelijke MMV. De periode van de uitgangspuls wordt bepaald door weerstand R8 en vochtsensor C12. De exclusieve poort is op de meest eenvoudige manier uitgevoerd met een transistor T1. Deze wordt in de basis gestuurd door de puls van de referentie MMV. Op de collector wordt via weerstand R10 de puls van de vochtafhankelijke MMV aangeboden. Zolang de referentie-puls aanwezig is zal de transistor geleiden en wordt het signaal dat via weerstand R10 wordt aangevoerd kortgesloten naar de massa.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

ONDERDELENLIJST LUCHTVOCHTIGHEIDSMETER

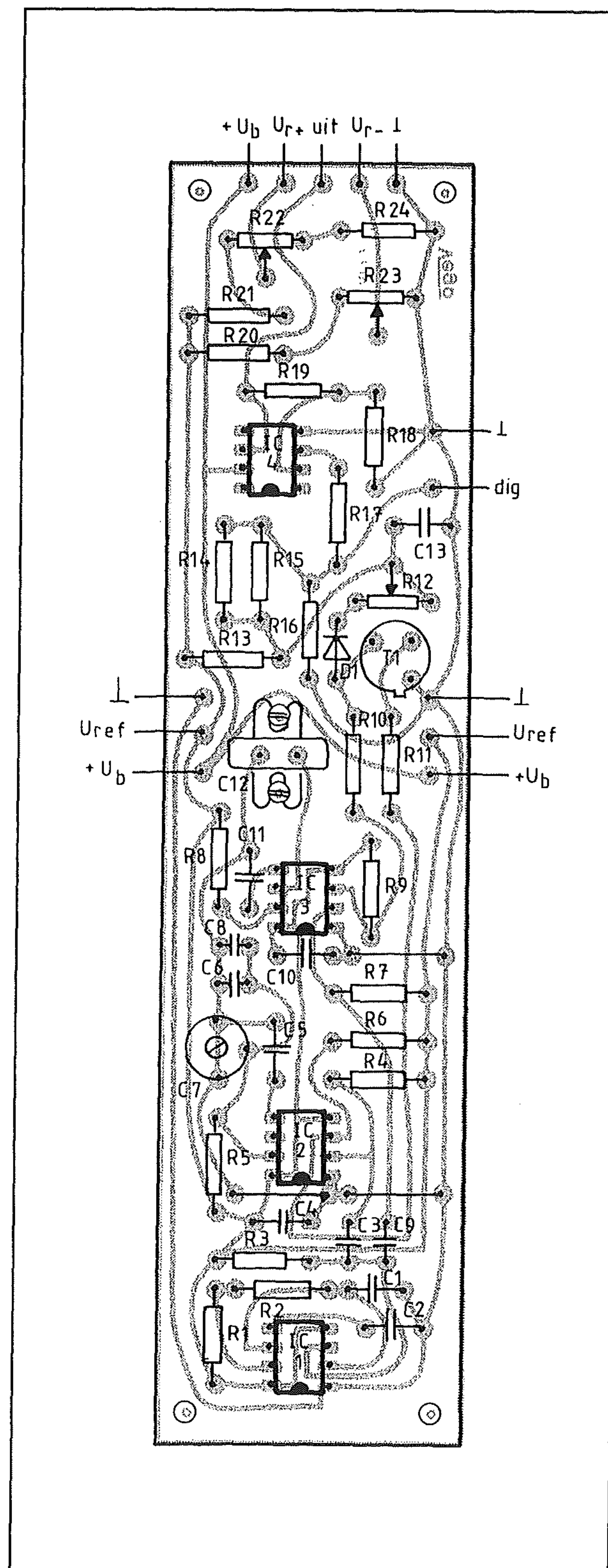
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5%		
R1	560 kΩ	
R2,R4,R7,R21	100 kΩ	
R3,R6,R9,R11,R16,R17	10 kΩ	
R5,R8	470 kΩ	
R10	1 kΩ	
R13	820 kΩ	
R14,R15	15 kΩ	
R20	180 kΩ	
R24	68 kΩ	
WEERSTANDEN, METAALFILM, 1 %		
R18	10 kΩ	
R19	33 kΩ	
INSTELPOTENTIOMETERS, 10 x 5 mm, STAAND		
R12	10 kΩ	
R22,R23	25 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	470 pF	ceramisch
C2,C4,C5,C10,C11	100 nF	MKH
C3,C9	100 pF	ceramisch
C6,C8	47 pF	ceramisch
C7	40 pF	trimmer
C13	220 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
D1	1N4148	
T1	BC107	
IC1,IC2,IC3	555, mini-DIL	
IC4	CA314, mini-DIL	
DIVERSEN		
1	vochtsensor Philips, 2322.691.90001	
4	IC-voetje, 8 pennen	
11	printsoldeerlipje	
2	boutje M3x10	
2	moertje M3	

Als de puls van de vochtgevoelige MMV breder is dan deze van de referentie MMV zal alleen het bredere gedeelte van de puls op de collector verschijnen. Deze verschilpuls wordt aangeboden aan de integrator, samengesteld uit diode D1, instelpotentiometer R12, condensator C13 en ontlaadweerstanden R14, R15 en R16. Om de schakeling te lineariseren wordt een kleine constante laadstroom uit de voeding toegevoerd via weerstand R13.
Op het knooppunt van de ontlaadweerstanden kan een gelijkspanning worden afgenomen, die de vochtigheid van de

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

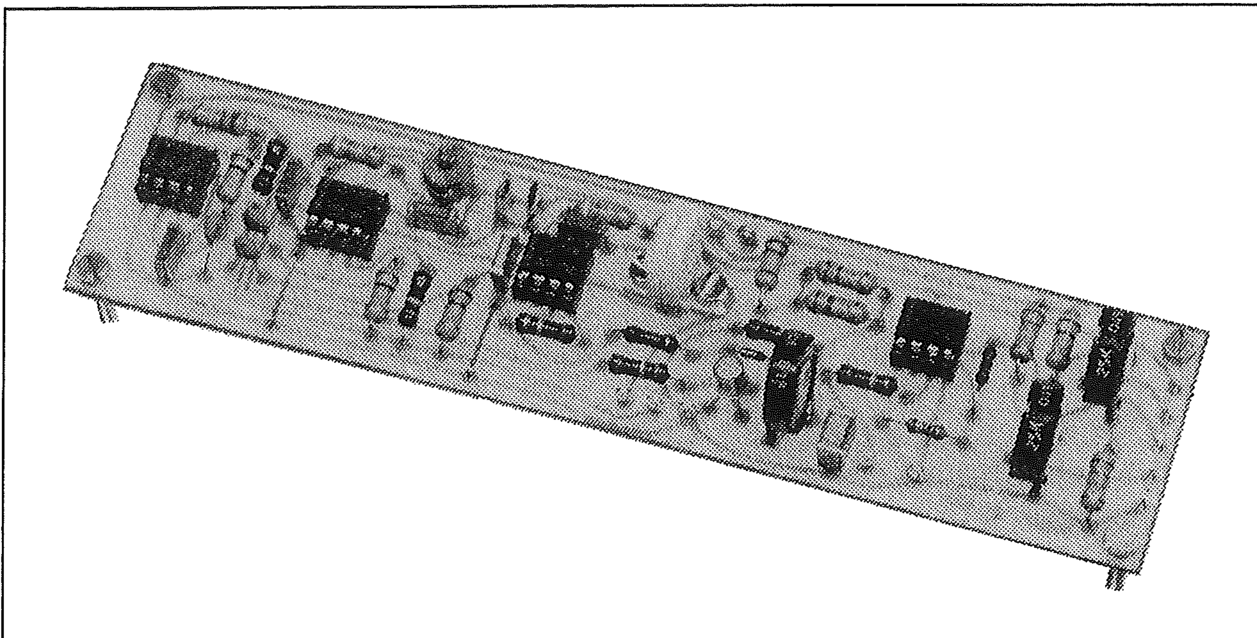
lucht aangeeft met een omzettingsfactor van 0,1 V per 10 % luchtvochtigheid.
Over het volledige meetgebied van 20 % tot 80 % levert deze uitgang dus een spanning op die varieert tussen 0,2 V en 0,8 V. Deze spanning kan gebruikt worden voor het aansturen van een digitale uitleeseenheid.
Voor de LED-indicator is deze spanning echter iets te klein. Vandaar dat de schakeling wordt afgesloten met een niet-inverterende versterker rond de operationele versterker IC4. De versterkingsfactor van deze schakeling wordt door middel van de twee 1 % weerstanden R18 en R19 ingesteld op 4,3. De digitale uitgangsspanning tussen 0,2 V en 0,8 V wordt daardoor versterkt tot een signaal tussen 0,86 V en 3,44 V en vandaar dat de twee drempels U_{R+} en U_{R-} voor de LED-uitlezing ook op deze spanningen moeten worden afgeregeld. Merk op dat de volledige schakeling, op de operationele versterker na, wordt gevoed uit de referentiespanning van 8 V en dat deze spanning bij IC2 en IC3 zo dicht mogelijk bij de IC's wordt ontkoppeld door middel van de condensatoren C4 en C10.
Deze onderdelen zijn zeer belangrijk! Een standaard 555 trekt immers bij het triggeren een zeer korte piekstroom van enige honderden mA en deze condensatoren zijn aanwezig om deze zeer korte piek op te vangen.

De bouw van de schakeling
De print voor de vochtigheidsmeter is getekend op de transparante pagina als print E, de componentenopstelling in figuur 4/14.60-28.
Zoals uit de foto van het prototype in figuur 4/14.60-29 blijkt wordt de sensor door middel van twee M3x10 boutjes op de print bevestigd.



Figuur 4/14.60-28: De componentenopstelling van de vochtigheidsmeter.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-29: Het prototype van de vochtigheidsmeter.

CHEMISCHE STOF	FORMULE	RELATIEVE VOCHTIGHEID
KALIUMSULFAAT	K_2SO_4	97 %
KALIUMNITRAAT	KNO_3	93 %
KALIUMCHLORIDE	KCl	86 %
AMMONIUMSULFAAT	$(NH_4)_2SO_4$	81 %
NATRIUMCHLORIDE	$NaCl$	76 %
NATRIUMNITRIET	$NaNO_2$	65 %
NATRIUMBICHROMAAT	$Na_2Cr_2O_7$	55 %
KALIUMCARBONAAT	K_2CO_3	44 %
MAGNESIUMCHLORIDE	$MgCl_2$	33 %
KALIUMACETAAT	CH_3COOK	22 %
LITHIUMCHLORIDE	$LiCl$	12 %

Figuur 4/14.60-30: Relatieve vochtigheden bij 20 °C van lucht boven verzadigde oplossingen van zouten.

Het afregelen: methode 1

De in deze paragraaf beschreven afregelprocedure is niet alleen zeer tijdrovend, maar kost ook nog de nodige energie om een aantal niet alledaagse spullen in huis te krijgen. Deze methode gaat uit van het fysische gegeven dat lucht die zich in een afgesloten ruimte boven een verzadigde oplossing van een chemisch zout bevindt een bepaalde, alleen van de temperatuur afhankelijke relatieve vochtigheid heeft.

Eerste probleem is welke chemische zouten daarvoor in aanmerking komen. In de tabel van figuur 4/14.60-30 zijn 11 zouten opgesomd die relatief ongevaarlijk zijn en die in lucht van 20 °C verschillende mooi over de schaal gespreide relatieve vochtigheden tot gevolg hebben. Het enige opgesomde zout dat een ieder in voorraad heeft is natriumchloride NaCl, immers niets anders dan het gewone keukenzout. Alle andere stoffen moet men via een apotheek of een bereidwillige drogist bestellen. Tweede probleem is hoe een verzadigde oplossing te maken. Dat is vrij eenvoudig. In gedestilleerd water van 20 °C wordt zoveel van het zout opgelost tot er zich een blijvende neerslag van onopgelost zout op de bodem afzet. Derde probleem is hoe de vochtsensor in aanraking te brengen met de lucht boven zo'n verzadigde oplossing. In een klein af te sluiten kunststof potje wordt op de bodem een in de verzadigde oplossing gedrenkte prop watten gelegd. De sensor wordt uit de print gesoldeerd en op de een of ande-

re manier in het dekseltje van het potje bevestigd. Let op dat de sensor geen contact mag maken met de prop watten en dat de aansluitpennetjes luchtdicht door het deksel naar buiten gevoerd moeten worden. Deze pennetjes worden door middel van zo kort mogelijke draadjes met de print verbonden. Na ongeveer een half uur, waarbij om de vijf minuten het potje even geschud wordt, kan men stellen dat de lucht boven de prop watten de relatieve vochtigheid van de tabel heeft aangenomen en kan men de schakeling afregelen. Voor de laagste bereiken moet men dit doen met trimmer C7 en voor de hoge gebieden met instelpotentiometer R12. Men zou dus bijvoorbeeld eerst met kaliumacetaat de schakeling kunnen afregelen met C7 op 0,22 V op de digitale uitgang. Nadien kan men de volledige tijdrovende procedure herhalen met ammoniumsulfaat en de schakeling met R12 afregelen op 0,81 V op de digitale uitgang. Noteer echter dat de in de tabel genoemde vochtigheden alleen gelden voor 20 °C en het echt geen zin heeft deze moeizame handelingen uit te voeren als men er niet zeker van is dat men de temperatuur in de ruimte al de uren dat de afregeling duurt op 20 °C kan houden! Een tweede probleem is dat de instellingen van C7 en R12 elkaar wederzijds beïnvloeden en men de gehele procedure minstens viermaal zou moeten herhalen. De vraag kan gesteld worden of de in de dagelijkse praktijk acceptabele onnauwkeurigheid niet zo groot is dat deze nauwkeurige afregeling maar beter achterwege kan worden gelaten!

Het afregelen: methode 2

In deze paragraaf wordt een zeer eenvoudige afregeling beschreven, die weliswaar bij lange na niet de nauwkeurigheid van de chemische methode benadert, maar voor de dagelijkse praktijk in de huiskamer meer dan goed genoeg is. Zoals in een vorige paragraaf opgemerkt, heeft de vochtsensor van Philips een exemplaar spreiding op de capaciteit van ongeveer +/-10 %. In de praktijk valt dat echter best mee. Vijf exemplaren, die geruime tijd in dezelfde ruimte aanwezig waren en waarvan dus aangenomen kan worden dat de folies dezelfde hygroscopische eigenschappen hebben, werden met een digitale capaciteitsmeter nagemeten.

De gemeten waarden lagen tussen 121 pF en de 130 pF. Ten opzichte van de gemiddelde waarde volgt daaruit een procentuele maximale fout van 4,5 %.

Als tweede stap werd de grafiek van figuur 4/14.60-23, die het door Philips gemeten verband geeft tussen de capaciteit en de relatieve vochtigheid van de "standaard" sensor, omgezet naar de numerieke gegevens van de tabel in figuur 4/14.60-31. Uit deze tabel volgt dat een capaciteit van 125,5 pF, de gemiddelde waarde van de vijf gemeten sensoren, overeen komt met een relatieve vochtigheid van ongeveer 55 %. Een in dezelfde ruimte aanwezige mechanische paardenharen hygrometer gaf een relatieve vochtigheid aan van 48 %. Als men al deze gegevens even op een rijtje zet kan men besluiten dat de vijf in het Vego-laboratorium aanwezige sensoren redelijk nauwkeurig voldoen aan de gegevens van deze tabel. En als vijf willekeurige op verschillende tijdstippen en op verschillende adressen gekochte sensoren hieraan voldoen, waarom zou dan die ene sensor die u ergens koopt daarvan afwijken?

De kans is dus erg groot dat uw sensor bij 20 % relatieve vochtigheid een capaciteit heeft van 115 pF en bij 80 % een van 137 pF. Waardoor de afregeling wordt

vereenvoudigd tot het afwisselend in plaats van de sensor in de print solderen van condensatoren van precies 115 pF en 137 pF en het afregelen van de digitale uitgangsspanning op respectievelijk 0,2 V en 0,8 V met C7 en R12. Goed, zult u opmerken, maar waar haal ik in hemelsnaam condensatoren met die gekke waarden vandaan? Het antwoord is uiterst simpel: door een digitale capaciteitsmeter op te scharrelen of een moderne digitale universeelmeter die ook capaciteiten kan meten toe te passen. Het afregelen gaat nadien als volgt. Men soldeert de sensor uit de print en soldeert twee printsoldeerlipjes in de gaatjes in de print. Men verbindt de print met zijn eigen uitleesprint en met de print van de binnenthermometer.

RELATIEVE VOCHTIGHEID (%)	SENSOR-CAPACITEIT (pF)
0	110
10	112,8
20	115,3
30	118
40	120,4
50	124,2
60	127,8
70	132
80	137
90	143,8
100	155

Figuur 4/14.60-31: Het verband tussen capaciteit van de sensor en relatieve vochtigheid.

Men zet een digitale voltmeter op de dig-uitgang en soldeert ijkcondensator 1 (115 pF) tussen de soldeerlipjes. Na een kwartiertje (de condensatoren hebben een tamelijk grote temperatuurscoëfficiënt en moeten dus afkoelen na het solderen) regelt men de trimmer C7 af op een indicatie van 0,2 V. Men vervangt de condensator door deze van 137 pF en regelt na een kwartiertje R12 af tot de dig-uitgang een spanning van 0,8 V voert. Deze procedure wordt enige malen herhaald tot men geen noemenswaardige afwijkingen meer vast stelt.
De sensor wordt weer in de print gesoldeerd, tot slot regelt men U_{R+} en U_{R-} af met R22 en R23 op 3,44 V en 0,86 V. In de meeste gevallen levert deze procedure een totale fout op van minder dan +/-10 %, in feite tamelijk veel voor een moderne elektronische schakeling, maar nog steeds heel wat minder dan de fout van een paardenharen hygrometer.

De luchtdrukmeter

Inleiding

Het elektronisch meten van de luchtdruk is de moeilijkste opgave bij het ontwerpen van een weerstation. Het grote probleem is dat de luchtdruk in feite een grootheid is die relatief constant blijft. De allerhoogste luchtdruk die in de praktijk voorkomt ligt rond de 1.080 hPa en zelfs bij de allergrootste depressie zal de numerieke waarde van de luchtdruk niet onder de 960 hPa dalen. Tegenwoordig wordt de luchtdruk bij internationale afspraak uitgedrukt in de algemeen voor het definiëren van drukken gebruikte eenheid, de Pa of Pascal. Om de schaal van deze eenheid parallel te laten lopen met de oude, die geijkt was in mbar, wordt de luchtdruk in de praktijk echter uitgedrukt in hecto-Pascal, waarbij een hPa uiteraard gelijk is aan 100 Pa.
Het meten van de luchtdruk met de in mm kwik (mm Hg) geijkte schaal wordt niet meer gebruikt.

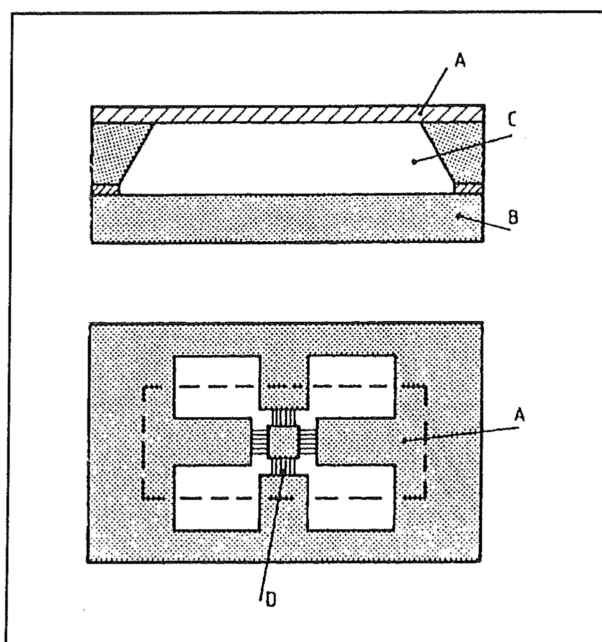
14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

Maar terug nu naar het reeds genoemde probleem!
De luchtdruk schommelt dus rond een waarde van 1.020 hPa, met een deviatie van slechts +/-60 hPa of +/-5,88 %!
Toch interesseert ons alleen deze ongeveer +/-6 % afwijking en alle barometers werken dan ook met onderdrukt nulpunt. De schalen van de meeste mechanische barometers zijn geijkt tussen de reeds gemiddelde genoemde grenzen 960 en 1080 of tussen de limietwaarden 940 en 1100.

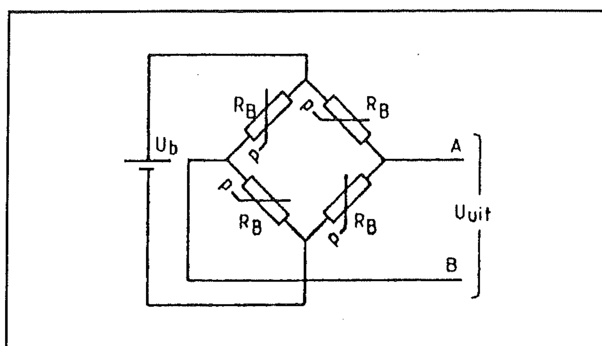
Grote stabiliteit noodzakelijk
Elektronisch gezien komt het er op neer dat men de luchtdruk met een geëigende sensor moeten omzetten in een gelijkspanning die varieert tussen bijvoorbeeld 0,960 V en 1,080 V. Het zal duidelijk zijn dat er zeer grote eisen worden gesteld aan de stabiliteit van deze meetwaarde. Stel bijvoorbeeld dat de luchtdruk op een bepaald moment gelijk is aan 1.000 hPa en dat de uitgang van de elektronische schakeling wordt afgeregeld op een spanning van 1,000 V. Stel verder dat de gemeten waarde door instabiliteit van de schakeling verloopt naar 1,010 V. Een afwijking van slechts 1 %, een waarde die voor de meeste elektronische meetschakelingen zeer goed te noemen is. Over het nuttige meetgebied van 120 hPa vertegenwoordigt deze 1 % echter een absolute fout van 10 hPa, ofwel 8,33 %! Met moet dus de grootste prioriteit geven aan het op alle mogelijke manieren stabiliseren van de schakeling. Vandaar dan ook dat voor zowat alle weerstanden metaalfilm-exemplaren moeten worden gebruikt en de bekende goedkope Piher instelpotentiometers absoluut onbruikbaar zijn. Er worden vier tienslagen instelpotentiometers in de schakeling gebruikt. Een tweede probleem is dat het nuttige meetgebied van 120 mV veel te klein is om de 60 LED's aan te sturen. De trapspanning bedraagt immers slechts 2 mV en deze waarde valt volledig binnen de offset-toleranties van de in de U1096B gebruikte comparatoren. Enige oplossing voor dit probleem is de nuttige variatie op de meetspanning te scheiden van de gemiddelde waarde en dit verschil flink te versterken alvorens het aan de kolomindicator aan te bieden. In de praktijk komt dit er op neer dat de digitale uitgangsspanning tussen 0,96 V en 1,08 V aan een verschilversterker wordt aangeboden, die er 0,96 V vanaf trekt zodat op de uitgang een spanning tussen 0 V en 120 mV overblijft. Deze nuttige spanning wordt ongeveer 20 maal versterkt en de versterkte spanning stuurt de ingang van de indicator. Maar ook aan deze verschilversterker moeten zeer hoge stabiliteitseisen worden gesteld!

De druksensor
Hart van een elektronische barometer is uiteraard een druksensor. Nu bestaan er al lange tijd industriële drukopnemers die echter door hun omvang, hun meetgebied en hun prijs niet in aanmerking komen voor zelfbouw van een barometer. Toen echter uit de medische wetenschap de vraag kwam naar miniatuur drukopnemers voor het meten van bloeddrukken in het lichaam heeft de internationale elektronische research zich aan het werk gezet. Het resultaat liet niet lang op zich wachten! Tegenwoordig zijn er zeer kleine absolute druksensoren op halfgeleiderbasis op de markt, die voor prijzen rond *f* 25,00 worden aangeboden. De sensorwerking berust op het zogenoemde piëzo-resistieve effect. De weerstand van een halfgeleidermateriaal hangt mede af van de mechanische spanning die er op het materiaal wordt uitgeoefend.

De principiële opbouw van zo'n druksensor is geschetst in figuur 4/14.60-32. Op een basisplaatje (B) wordt een minuscuul klein vacuümkamertje (C) gevormd, dat wordt afgesloten door een flexibel membraan (A). Dit membraan heeft een specifieke vorm, zie het bovenaanzicht in figuur 4/14.60-32.



Figuur 4/14.60-32: De samenstelling van een piëzo-resistieve druksensor.



Figuur 4/14.60-33: Het elektronisch equivalent van de druksensor.

Op dit membraan worden vier halfgeleidende strookjes (D) opgedampt. Deze vier strookjes zijn opgenomen in een klassieke brugschakeling volgens figuur 4/14.60-33. Door de fysische eigenschappen en de typische vormgeving van het membraan zal de luchtdruk een verschillende vervorming in de vier takken van de brug veroorzaken, waardoor de brug elektrisch uit balans geraakt. Als men één diagonaal van de brug verbindt met een constante voedingsspanning Ub, dan zal er over de tweede diagonaal, dus tussen de punten A en B, een uitgangsspanning Uuit ontstaan, waarvan de grootte mede afhankelijk is van de druk die er op het membraan wordt uitgeoefend. En omdat het membraan een ruimte afsluit die luchtledig is, zal de uitgangsspanning afhankelijk zijn van de grootte van de luchtdruk.

Basisschema

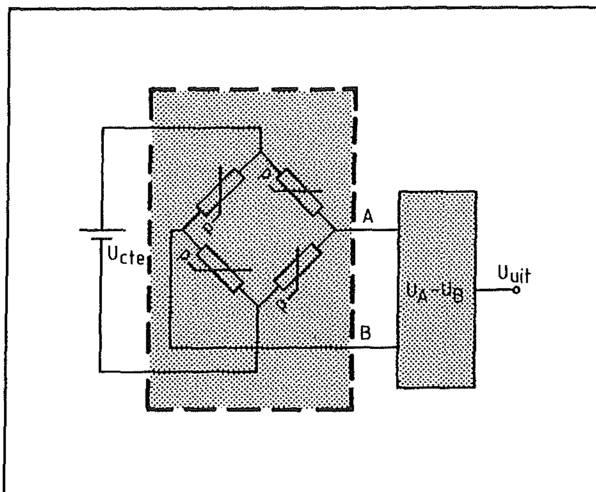
In principe zou een elektronische barometer dus kunnen bestaan uit het schema van figuur 4/14.60-34. De brug in de druksensor wordt in één diagonaal gevoed met een zeer stabiele gelijkspanning U_{cte}, de spanning over de tweede diagonaal wordt aangeboden aan een verschilversterker die het verschil tussen de spanningen op beide punten van de diagonaal berekent. De uitgangsspanning U_{uit} is een maat voor de grootte van de luchtdruk.

Helaas gaat deze droom niet op!

Op de eerste plaats zijn, als gevolg van onvermijdelijke fabricagetoleranties, de vier weerstanden van de brug niet exact aan elkaar gelijk. Het gevolg is dat de schakeling een grote offset vertoont of met andere woorden dat de uitgangsspanning niet alleen afhankelijk is van de luchtdruk, maar ook een constante factor bevat die wordt veroorzaakt door de afwijkingen in de componenten van de brug. Een (theoretische) luchtdruk van 0 hPa

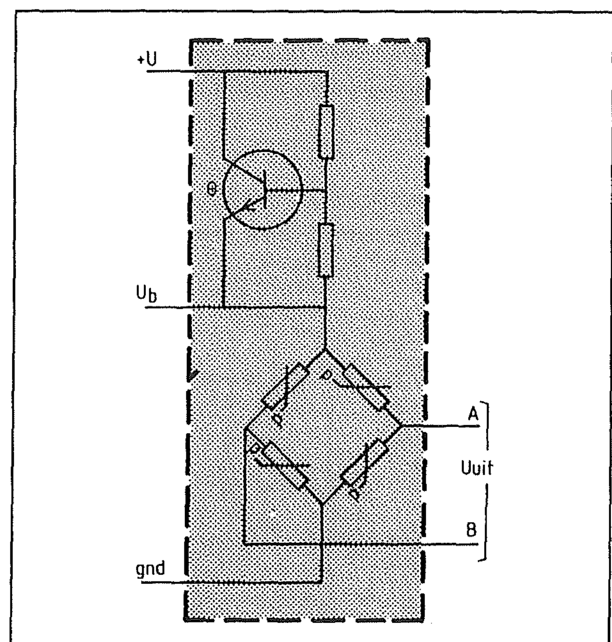
14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

levert dus geen spanning van 0 V op. In een praktische schakeling moet men in ieder geval deze offset kunnen compenseren. Op de tweede plaats zijn de halfgeleidende weerstanden zeer temperatuursafhankelijk. Het resultaat is dat de uitgangsspanning van de brug dat ook is. Bij de allereerste generatie piëzo-resistieve druksensoren moest men deze temperatuursafhankelijk door middel van tamelijk gecompliceerde externe schakelingen compenseren.



Figuur 4/14.60-34: Het principe van het opnemen van de sensor in een meetschakeling.

Gelukkig bestaan er nu sensoren waar intern een schakeling is aangebracht die de temperatuurscoëfficiënt van de sensor tot redelijke proporties terug brengt. Een van deze sensoren is de KP100A van Philips. Het interne schema van dit element is getekend in figuur 4/14.60-35. Tussen de voedingsaansluiting en een diagonaal van de brug is een transistor aangebracht, die bij stijgende temperatuur meer gaat geleiden en de spanning over de brug verhoogt. Hoewel dit procédé als voordeel heeft dat de temperatuurafhankelijkheid van de sensor flink wordt gereduceerd is het grote nadeel dat de brug nu niet meer wordt gevoed uit een constante spanning, maar uit een spanning die afhankelijk is van de temperatuur. Dat is ook een voorname reden waarom het niet voldoende is het spanningsverschil over de tweede diagonaal te berekenen.



Figuur 4/14.60-35: Intern schema van een temperatuur gecompenseerde druksensor.

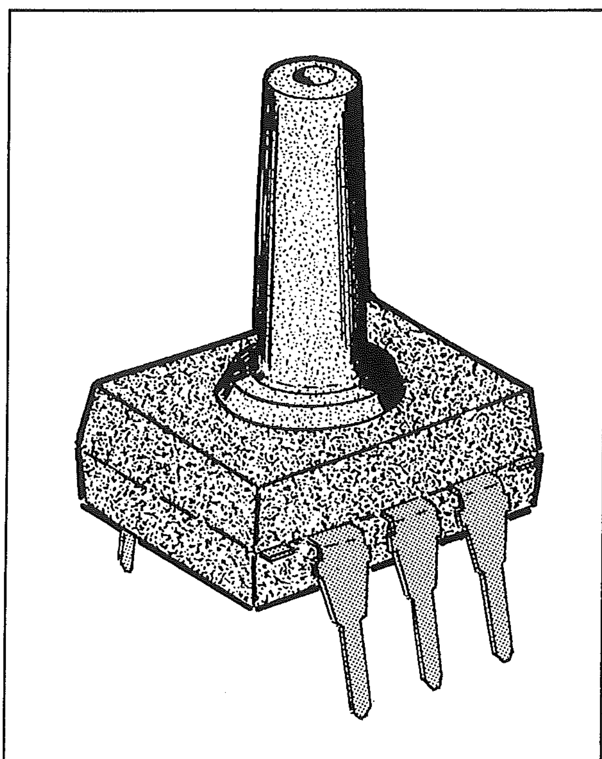
Men moet nu de halve brugspanning in de berekening betrekken en het verschil berekenen tussen de spanningen op de punten A en B en de halve voedingsspanning van de brug. Op deze manier wordt de niet constante brugspanning in de berekening betrokken.

De Philips druksensor

De in deze schakeling toegepaste druksensor van Philips, de KP100A, wordt aangeboden in een heel specifieke vormgeving, geschetst in figuur 4/14.60-36. De basis bestaat uit een dual-in-line behuizing

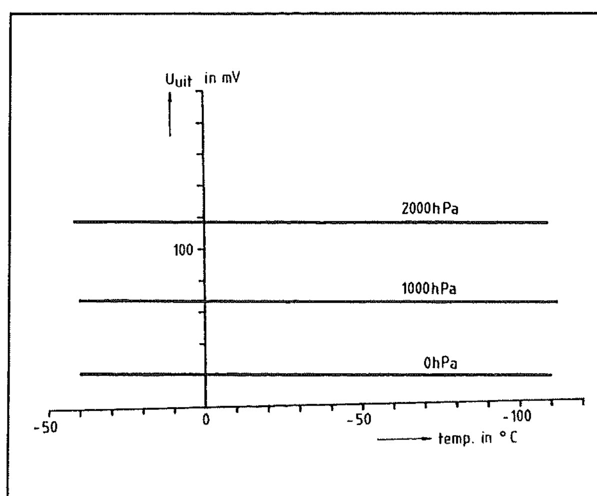
14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

met 2 x 3 pennen. De twee rijen staan echter 10 mm van elkaar in plaats van de standaard 7,55 mm. Op de behuizing is een klein “schoorsteentje” aangebracht, waarlangs de luchtdruk in de behuizing kan penetreren en zijn vervormende invloed op de folie kan laten gelden.



Figuur 4/14.60-36: De vormgeving van de KP100A van Philips.

De sensor kan gevoed worden met een maximale spanning van 12 V, maar heeft echter een minimale temperatuurscoëfficiënt bij een voeding van rond de 7,5 V. Door het variëren van de spanning rond deze waarde kan men de invloed van de temperatuur minimaliseren. Het meetgebied omvat 2.000 hPa, zodat dit onderdeel ideaal is voor het meten van de luchtdruk. De gevoeligheid en de temperatuurstabiliteit van de KP100A zijn grafisch voorgesteld in de grafiek van figuur 4/14.60-37. Uit deze grafiek volgt dat de reeds genoemde offset relatief groot is (ongeveer 20 mV) en dat de gevoeligheid van de sensor relatief laag is, namelijk ongeveer 50 mV per 1.000 hPa. De uitgangsspanning van de sensor varieert over het nuttige meetgebied (120 hPa, weet u nog?) dus met slechts 6 mV, ook al een van de factoren waardoor het ontwerpen van een elektronische barometer alles behalve kinderspel is!

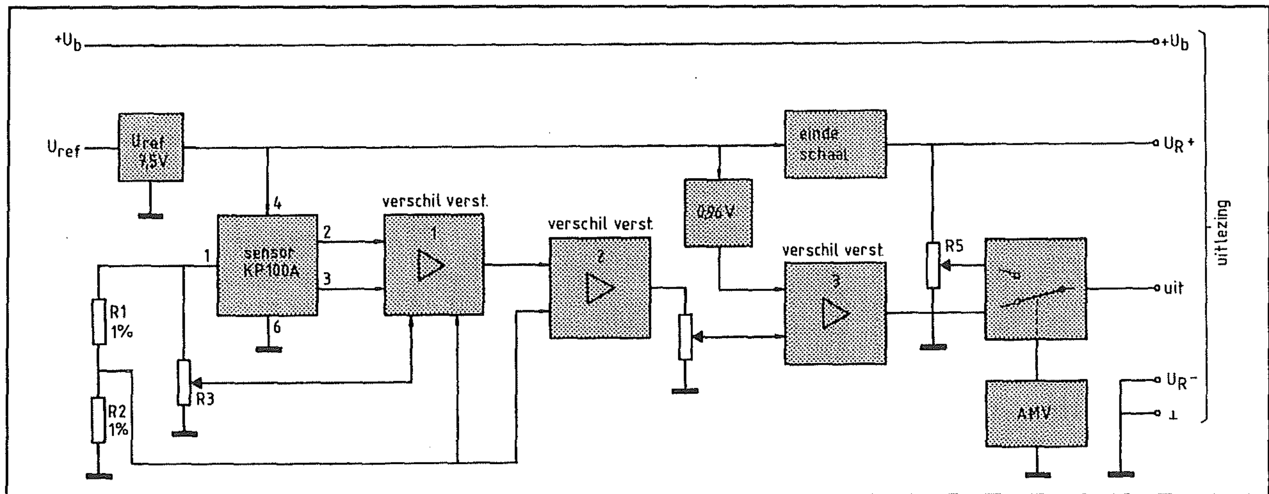


Figuur 4/14.60-37: De gevoeligheid van de KP100A.

Belangrijke opmerking
Let bij het kopen van de sensor goed op het typenummer. Philips levert ook een KP100A1, die een minimale drift heeft bij 5 V spanning en niet in deze schakeling ingezet kan worden!

Het blokschema
Zelfs het blokschema van de schakeling is vrij gecompliceerd, bekijk maar eens rustig figuur 4/14.60-38. De interne referentiespanning van het weerstation wordt opgewekt met een normale spanningsstabilisator van het type 78L08 en de uitgangsspanning van dit IC is alles behalve stabiel genoeg voor het voeden van de zeer sensitieve druksensor.

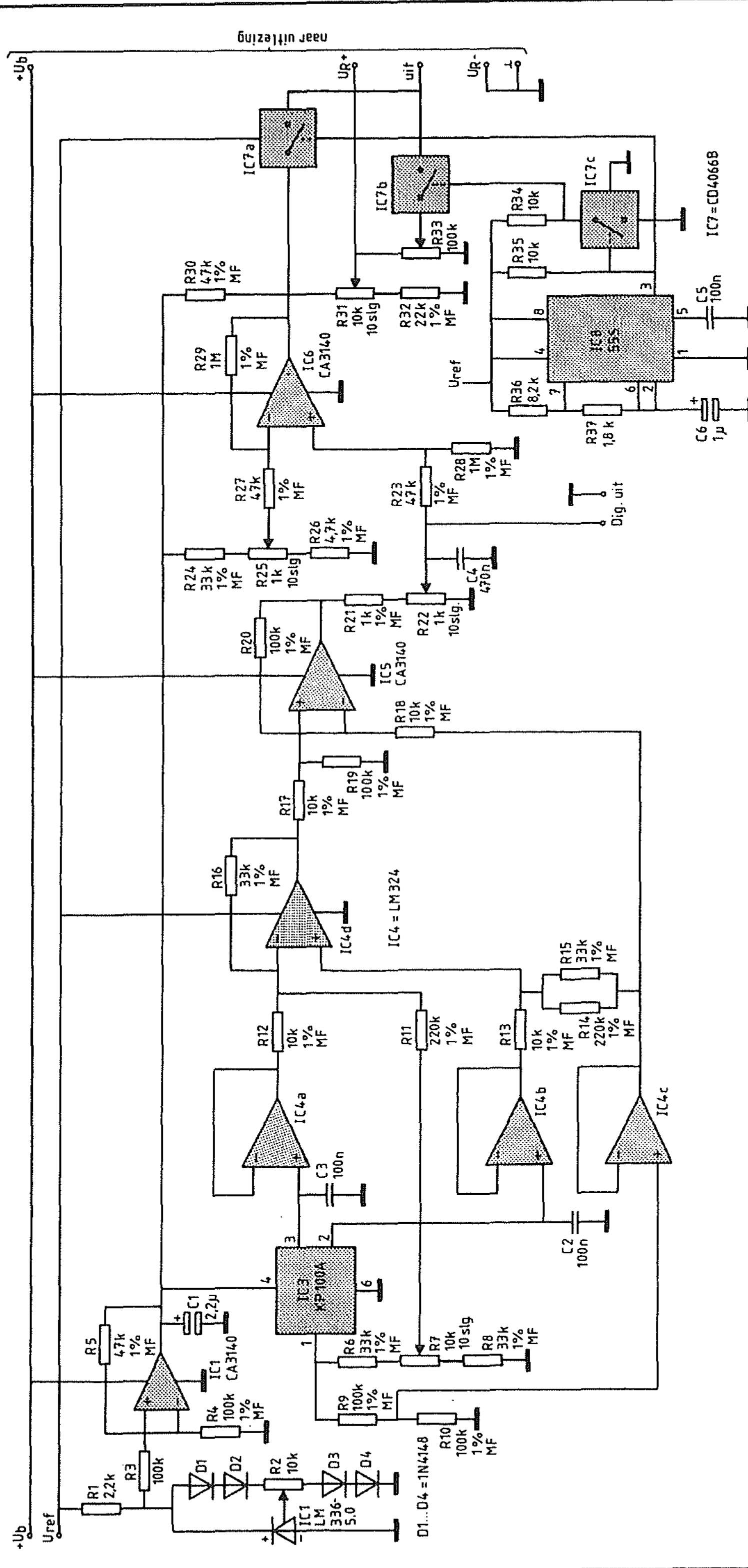
14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-38: Het blokschema van de luchtdrukmeter.

Uit deze interne referentiespanning wordt door middel van een spanningsreferentie een zeer stabiele en instelbare spanning van 7,5 V afgeleid. Deze spanning wordt gebruikt voor het voeden van de druksensor en voor het opwekken van enige hulpspanningen. De twee uitgangen van de sensorbrug worden aangeboden aan verschilversterker nummer 1, die echter niet het absolute verschil tussen beide spanningen berekent, maar het verschil gerefereerd naar de halve brugspanning. Deze halve brugspanning wordt opgewekt door over de brug twee in serie geschakelde identieke 1 % weerstanden R1 en R2 op te nemen en het knooppunt als referentiepunt aan de verschilversterker aan te bieden. In deze trap wordt tevens de offset-compensatie doorgevoerd. De brugspanning wordt via instelpotentiometer R3 aan een extra ingang van de verschilversterker aangeboden. Met deze instelpotentiometer wordt de schaal geijkt op 0,960 mV bij een luchtdruk van 960 hPa. Op de uitgang van deze eerste verschilversterker, die overigens zijn naam alle eer aandoet, het verschilsignaal wordt ook versterkt, staat een spanning die een maat is voor de onevenwichtigheid van de brug en dus afhangt van de luchtdruk. Deze spanning is echter gerefereerd naar de halve brugspanning van de sensor. In het weerstation worden echter alle spanningen ten opzichte van de massa gerefereerd. Hoewel het in principe mogelijk zou zijn de verschilspanning van de brug gerefereerd naar de halve brugspanning als meetwaarde te gebruiken, wordt voor de eenvormigheid een tweede verschilversterker ingezet. Deze vergelijkt de uitgangsspanning van de eerste versterker met deze halve brugspanning en levert een uitgangsspanning af die gerefereerd is naar de massa. Bovendien levert deze tweede trap nog eens een flinke versterking op. De uitgangsspanning van deze versterker wordt via een instelpotentiometer aan de digitale uitgang aangeboden. Met deze potentiometer wordt de maximale waarde van de schaal afgeregeld op 1,078 V bij een luchtdruk van 1.078 hPa. De derde verschilversterker is noodzakelijk om het veel te kleine meetgebied om te zetten in een groter signaal waar de LED-uitlezing raad mee weet. In deze trap wordt 0,96 V van de meetwaarde afgetrokken en het verschil wordt 20 maal versterkt.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-39: Het volledig schema van de elektronische barometer.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

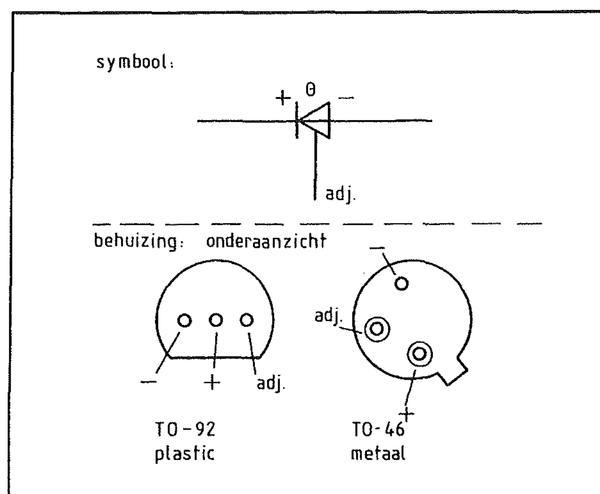
De referentiespanning van 0,96 V wordt afgeleid uit de zeer stabiele spanning van 7,5 V.

Tendens uitlezing
Er is tot slot nog een handig grapje ingebouwd. Zoals reeds in de inleiding geschreven is het de bedoeling de barometer uit te rusten met een tendens indicatie. Door middel van een knopje kan men een extra indicatie instellen op de momentele luchtdruk. Men kan dan bijvoorbeeld de volgende ochtend onmiddellijk afleiden of de luchtdruk gestegen of gedaald is. In figuur 4/14.60-1 in de inleiding werd daarvoor een extra uitleesprint F ingeschakeld. Nu is dat uiteraard een beetje onzin. Men kan immers twee signalen heel snel afwisselend aan één indicator aanbieden. Het gevolg is dat er twee LED's uit de rij oplichten.
Door nu de ene LED, die de momentele luchtdruk aangeeft 8/10 van de tijd, en de tweede LED, die de tendenswaarde aangeeft slechts 2/10 van de tijd met de uitlezing te verbinden zal de intensiteit van de ene LED veel hoger zijn dan die van de andere. Dat is precies wat de rest van de schakeling doet. Uit de 7,5 V spanning wordt een "einde schaal"-spanning afgeleid, die wordt aangeboden aan de bovenste referentie U_{R+} van de uitlezing. Deze spanning wordt aangeboden aan een potentiometer R5. Omdat de onderste referentie U_{R-} van de uitlezing gelijk is aan de massa staat op de loper van R5 een spanning die het volledige meet-gebied van de LED-kolom bestrijkt. Deze spanning wordt samen met de uitgangsspanning van de derde verschilversterker aangeboden aan een elektronische omschakelaar. Deze wordt gestuurd uit een astabiele multivibrator AMV, die een erg asymmetrische puls levert. Het omschakelen tussen beide spanningen gaat zo snel dat twee LED's flikkervrij oplichten. De helderste LED geeft de momentele luchtdruk, de donkerste LED kan men door het verdraaien van de loper van R5 samen laten vallen met de heldere LED.

Het volledig schema
Het volledige praktische schema van de elektronische barometer is getekend in figuur 4/14.60-39. Voor de spanningsreferentie wordt gebruik gemaakt van een LM336-5.0 van National Semiconductor. Dit is een shuntregulator diode met een regelbare uitgangsspanning tussen 4 V en 6 V. De uitgangsspanning varieert met slechts 4 mV over het temperatuurgebied van 0 °C tot +70 °C. Let er bij de aankoop op dat er een identiek type bestaat met code LM336. Deze levert echter slechts 2,5 V en is onbruikbaar in deze schakeling. Door middel van een kleine externe schakeling, samengesteld uit vier siliciumdioden D1 tot en met D4 en instelpotentiometer R2, kan men de temperatuurscoëfficiënt nog kleiner maken en bovendien de uitgangsspanning regelen. Dit IC wordt in twee verschillende behuizingen geleverd, figuur 4/14.60-40 geeft de nodige informatie. De referentiediode wordt door middel van voorschakelweerstand R1 gevoed uit de interne referentie van 8 V. De uitgangsspanning van de diode wordt door middel van operationele versterker IC2 opgekrikt tot de noodzakelijke waarde van 7,5 V. De op-amp is ingesteld als niet-inverterende versterker, de twee weerstanden R4 en R5 die de versterking en dus de waarde van de uitgangsspanning bepalen moeten metaalfilm uitvoeringen zijn met een tolerantie van 1 %. De drie belangrijke spanningen van de druksensor IC3, namelijk de spanningen op de pennen 2 en 3 en de halve voedings-

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

spanning, worden gebufferd in drie als spanningsvolger geschakelde operationele versterkers uit IC4. Dit IC, een LM324, bevat vier identieke op-amp's met tamelijk kleine offset-waarden. De vierde versterker wordt gebruikt als verschilversterker nummer 1.



Figuur 4/14.60-40: De twee uitvoeringen van de LM335-5.0.

De gebufferde uitgangsspanningen op de pennen 2 en 3 van de sensor worden op de voor een verschilversterker gestandaardiseerde manier via de weerstanden R11 tot en met R16 aan de op-amp aangeboden. Het enige verschil is dat R15 nu niet naar de massa gaat, maar naar de gebufferde halve brugspanning van de sensor. De offset-compensatie wordt uitgevoerd door een instelbaar deel van de brugspanning via de weerstanden R7 en R11 aan de inverterende ingang van de op-amp aan te bieden. Om de verschilversterker volledig symmetrisch te maken is een identieke weerstand R14 geschakeld tussen de niet-inverterende ingang en de gebufferde halve brugspanning. Ook in deze trap moeten alle weerstanden metaalfilm zijn met een tolerantie van 1 %. Verschilversterker nummer 2 uit het blokschema is terug te vinden onder de vorm van operationele versterker IC5. Deze berekent het verschil tussen de halve brugspanning en de ten opzichte van deze spanning gerefereerde verschilspanning van de sensoruitgang. Het gevolg is dat op de uitgang van deze trap een signaal ten opzichte van de massa aanwezig is, waarin de invloed van de brugspanning is uitgeschakeld.

De verschilspanning van de sensor wordt in de twee besproken verschilversterkers ongeveer 33 maal versterkt. Bij gemiddelde luchtdruk levert de KP100A ongeveer 75 mV verschilspanning af, zodat op de uitgang van IC5 een spanning van ongeveer 2,5 V te verwachten valt. Deze spanning kan door middel van de spanningsdeler R21/R22 gereduceerd worden tot de geijkte meetwaarde rond de 1 V.

De twee instelpotentiometers R7 en R22 moeten van het Cermet meerslagen type zijn. Met deze twee onderdelen worden de begin- en eindpunten van de schaal geijkt op respectievelijk 0,960 V en 1,078 V bij minimale en maximale luchtdruk. De spanning op de loper van R22 wordt nog eens ontstoord door middel van condensator C4 en staat ter beschikking voor het aansturen van een digitale meter. Operationele versterker IC6 wordt gebruikt als verschilversterker nummer 3 uit het blokschema. De aftrekspanning van precies 0,96 V wordt via de spanningsdeler R24, R25 en R26 afgeleid uit de 7,5 V referentie. Ook deze instelpotentiometer moet van het meerslagen Cermet type zijn! De verschilspanning tussen de digitale uitgangsspanning en de 0,96 V wordt nadien door de op-amp ongeveer 20 maal versterkt.

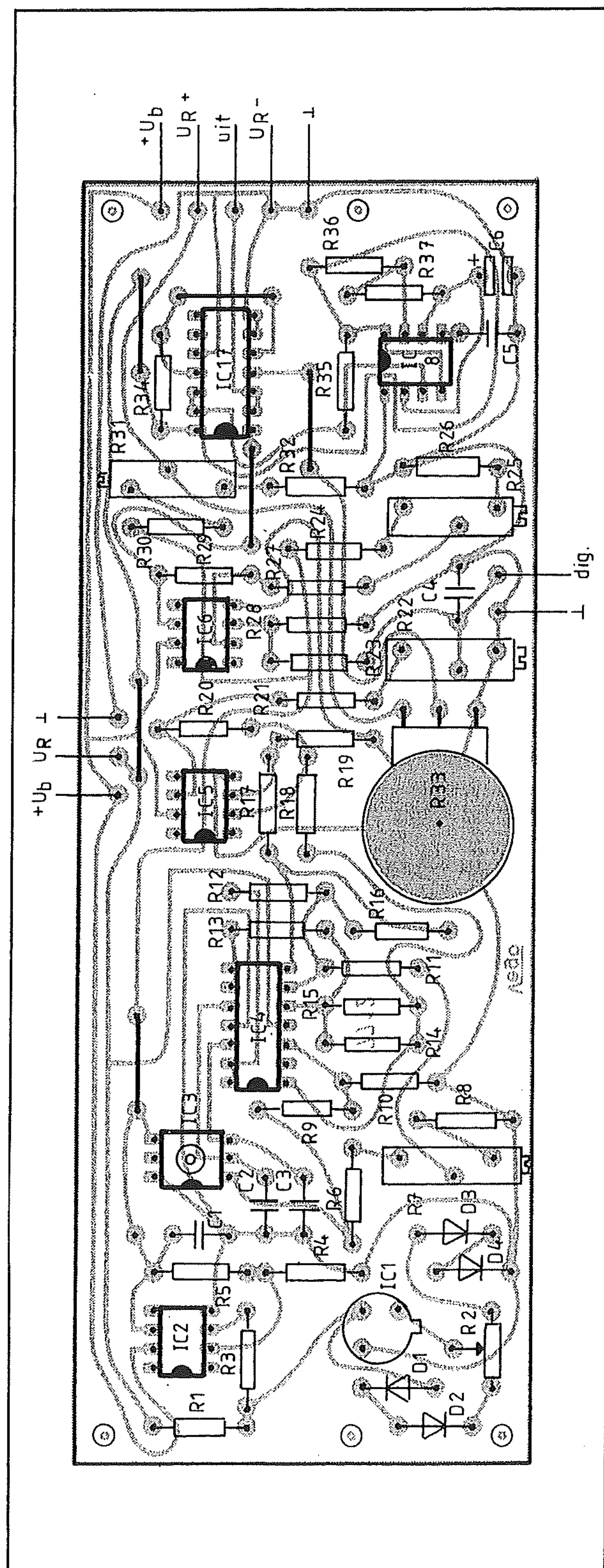
Voor de astabiele multivibrator voor de elektronische omschakelaar wordt een 555 timer, IC8 gedoopt, ingehuurd.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

ONDERDELENLIJST LUCHTDRUKMETER

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	2,2 kΩ
R3	100 kΩ
R6,R8	33 kΩ
R34,R35	10 kΩ
R36	8,2 kΩ
R37	1,8 kΩ
WEERSTANDEN, METAALFILM, 1 %	
R4,R9,R10,R19,R20	100 kΩ
R5,R23,R27,R30	47 kΩ
R11,R14	220 kΩ
R12,R13,R17,R18	10 kΩ
R15,R16,R24	33 kΩ
R21	1 kΩ
R26	4,7 kΩ
R28,R29	1 MΩ
R32	22 kΩ
INSTELPOTENTIOMETERS, MEERSLAGEN, CERMET	
R7,R31	10 kΩ
R22,R25	1 kΩ
INSTELPOTENTIOMETER, 10x5 mm, STAAND	
R2	10 kΩ
POTENTIOMETER, LIN, MONO	
R33	100 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	2,2 μF 16 V print-elco
C2,C3,C5	100 nF MKH
C4	470 nF MKH
C6	1 μF 16 V print-elco
HALFGELEIDERS	
D1,D2,D3,D4	1N4148
IC1	LM336-5.0
IC2,IC5,IC6	CA3140, mini-DIL
IC3	KP100A
IC4	LM324
IC7	CD4066B
IC8	555, mini-DIL
DIVERSEN	
5	IC-voetje, 8 pennen
2	IC-voetje, 14 pennen
10	printsoldeerlipje

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-41: De componentenopstelling van de barometer.

De twee frequentiebepalende weerstanden R36 en R37 zijn zo geselecteerd dat de duty-cycle van de uitgangspuls ongeveer 80 % bedraagt. Het omschakelen van de spanningen wordt uiteraard toevertrouwd aan een CD4066B (IC7). Omdat dit IC twee ten opzichte van elkaar geïnverteerde stuursignalen nodig heeft wordt één van de niet gebruikte schakelaars ingezet als inverter.

Deze schakelaar staat in serie met weerstand R34 tussen de voeding en de massa. De schakelingang wordt rechtstreeks gestuurd uit de uitgang van de 555. Als dit signaal hoog is zal de schakelaar sluiten, waardoor het knooppunt tussen de schakelaar en R34 met de massa verbonden wordt en dus laag wordt. In het andere geval is de schakelaar open en de spanning op genoemd punt hoog. De twee complementaire stuursignalen sturen twee schakelaars uit de 4066 waarvan de uitgangen met elkaar verbonden zijn. Eén ingang van deze omschakelaar gaat naar de uitgang van IC6 en de tweede naar de loper van potentiometer R33. Deze potentiometer wordt gevoed uit de loperspanning van instelpotentiometer R31, die de bovenste meetgrens U_{R+} van de uitlezing vastlegt. Door het verdraaien van de loper van R33 kan men de oplichtende tendensspot dus over de volledige schaal verplaatsen.

De bouw van de schakeling

De print voor de barometer, getekend als print F op de transparante pagina, is 2 cm breder dan de uitleesprint. Dit heeft alles te maken met de aanwezigheid van tendenspotentiometer R33. Deze wordt op de barometerprint aangebracht en de as van dit onderdeel steekt, na de koper-tegen-koper bevestiging van beide printen, naast de uitleesprint uit. De onderde-

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

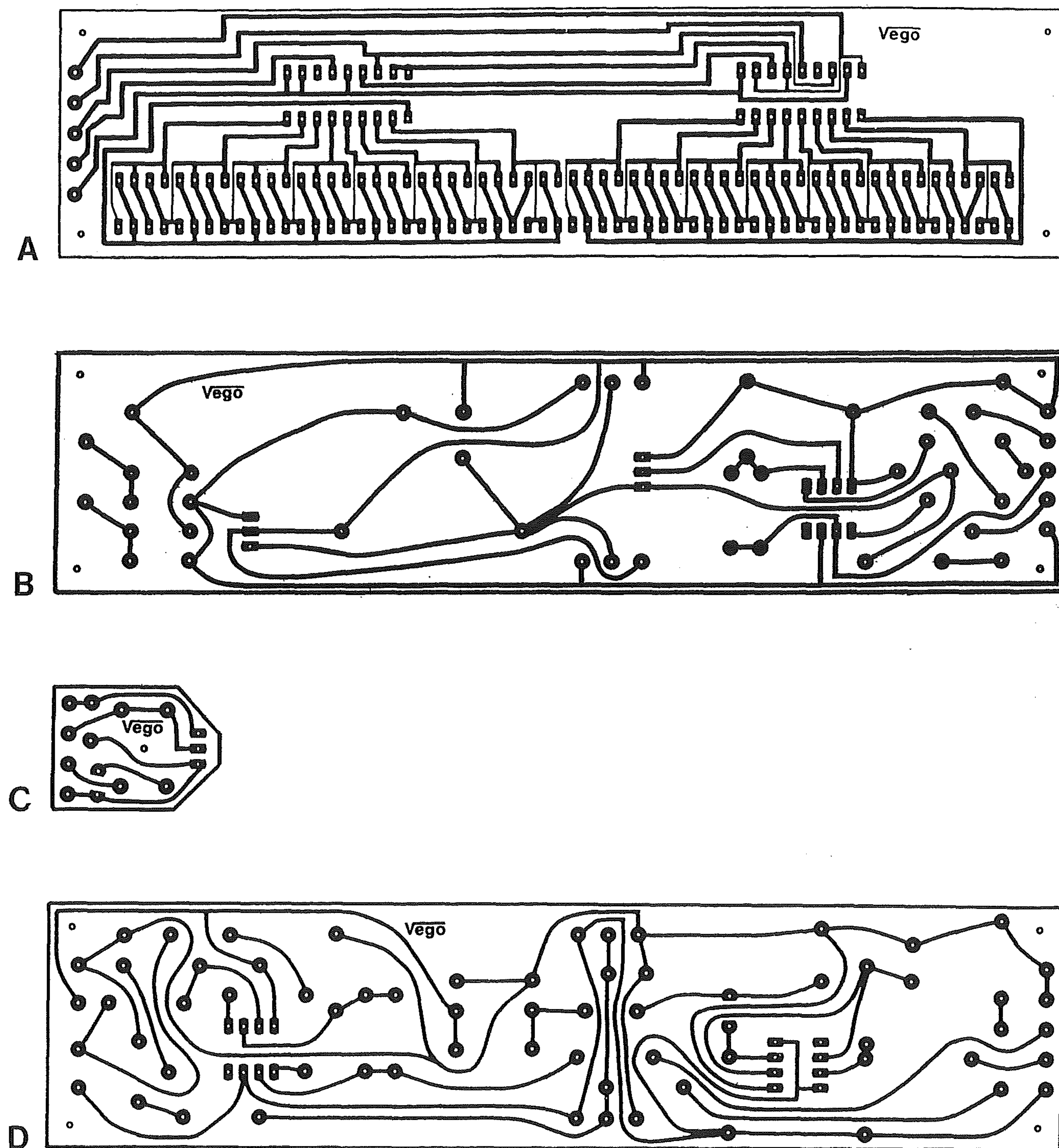
lenopstelling treft men aan in figuur 4/14.60-41.
Omdat deze print toch het sluitstuk van het weerstation vormt zijn de +UR-, +Ub- en massa-aansluitingen niet van links naar rechts op de print doorgetrokken. In het grote koperen eiland wordt een gat van 10 mm geboord, waarin de tendenspotentiometer wordt bevestigd. Het lichaam van dit onderdeel zit aan de onderdelenzijde van de print. Voor de druksensor kan geen standaard IC-voetje worden gebruikt. Omdat de sensor tijdens het afregelen vlot uit de print verwijderd moet kunnen worden is het toch noodzakelijk een voetje te gebruiken. Men kan een standaard 8-pens voetje doormidden snijden, van beide helften één pen verwijderen en de twee strookjes met ieder drie pennen in de print solderen.

Het afregelen
Voor het afregelen van de elektronische barometer heeft men een mechanische soortgenoot nodig, een glazen theepot, één meter dunne aquariumslang, een T-vormig koppelstukje daarvoor, een tube siliconenkit en veel geduld. Men begint met het kopen van een barometer die door de dekselopening van een glazen theepot in het interne van de pot kan worden aangebracht. In het deksel van de pot wordt een klein gaatje geboord dat zo groot is dat de dunne aquariumslang er met enige moeite doorheen te wurmen is. Vervolgens is het de bedoeling dat het deksel volkomen luchtdicht op de theepot wordt bevestigd. Men kan het beste een flinke laag siliconenkit op de spleet tussen deksel en pot aanbrengen. Met hetzelfde spul wordt de plaats waar het slangetje doorheen het deksel wordt gevoerd afgedicht. Na drogen van de kit moet men een transparant luchtdicht vat over houden, waarin men een kunstmatige luchtdruk kan aanbrengen door in het slangetje te blazen of lucht via het slangetje uit de pot te zuigen. Controleer even of het mogelijk is de naald over het volledige bereik van de barometerschaal te verplaatsen en of de pot echt luchtdicht is. Vervolgens brengt men een tweede stuk slang aan op het tuitje van de druksensor. Ook hier is het zaak te zorgen voor een absoluut luchtdichte montage. Zelfs de dunste aquariumslang is nog iets te dik, bij het prototype werd dit opgelost door het tuitje op de sensor iets te verdikken door het te omwikkelen met tape en het slangetje met een aan te draaien draadje goed om het verdikte tuitje te klemmen.
Nadien monteert men beide vrije uiteinden van de slangetjes in een T-koppelstukje en sluit op het derde tuitje van dit koppelstuk een derde slangetje aan. Door nu in dit slangetje te blazen of lucht op te zuigen kan men de druk in theepot en sensor variëren tussen de minimaal en maximaal te meten waarden.
De print van de barometer wordt verbonden met een uitleesprint en met de basisprint van de binnenthermometer. De sensor met slangetje wordt voorzichtig in het voetje op de print geduwd. Voor het afregelen van de schakeling heeft men absoluut een digitale universeelmeter nodig. Na het inschakelen van de voedingsspanning laat men het geheel ongeveer vijftien minuten zichzelf thermisch stabiliseren. De voltmeter wordt aangesloten tussen de massa en het testpunt TP-1 op de print. Regel R2 af tot er precies 7,5 V op dit punt staat. Verplaats de meetsnoeren van de digitale meter naar de digitale uitgang van de print.
De bedoeling is nu de druk in het geheel theepot plus sensor met het slangetje afwisselend op 1.078 hPa en 960 hPa te

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display

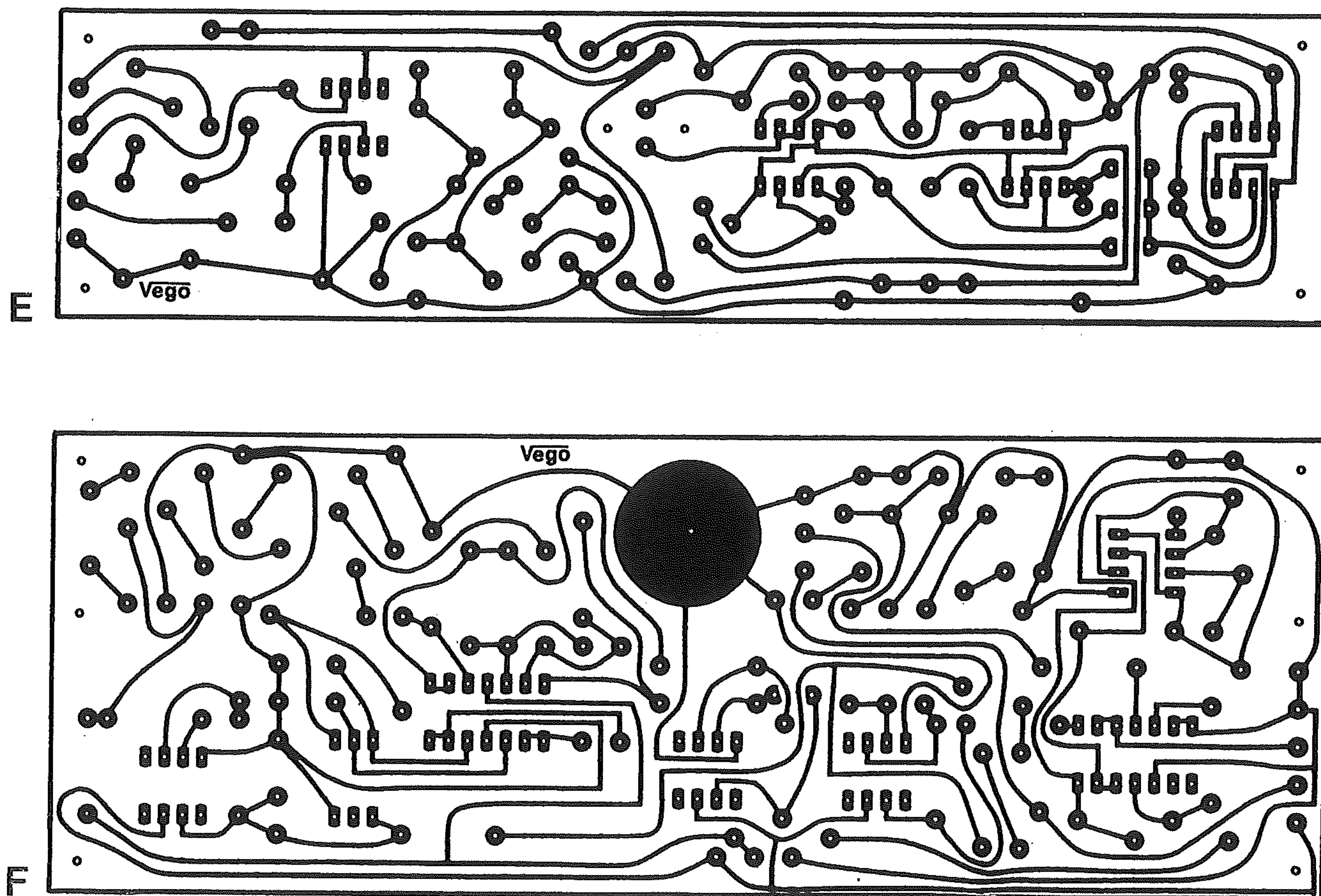
brengen en de twee instelpotentiometers R22 en R7 af te regelen op spanningen van respectievelijk 1,078 V en 0,960 V.
Er zijn echter twee problemen. Op de eerste plaats beïnvloeden beide afregelingen elkaar, zodat men de procedure wel een tiental keer moet herhalen. Op de tweede plaats heeft iedere mechanische barometer echter een zeer grote dode zône. Onder normale gebruiksomstandigheden wordt dit probleem opgelost door even flink op de barometer te kloppen alvorens men hem afleest. Dat kan nu niet en de enige oplossing is te starten met een flinke overdruk in het systeem en nadien deze druk langzaam te laten afnemen tot de naald van de barometer op 1.078 hPa staat. Nadien regelt men R22 af op 1,078 V op de digitale uitgang. Men kan de druk stabiliseren door het slangetje met de punt van de tong af te sluiten. Na deze eerste afregeling laat men de druk dalen tot de naald op 960 hPa staat en regelt R7 af op 0,960 V op de digitale uitgang. Nadien start men weer met een flinke overdruk.
Als de afregeling van de digitale spanning ongeveer klopt komt de afregeling van de LED-schaal aan de beurt. Ook nu moet men weer de drukcyclus op de beschreven manier doorlopen, waarbij R31 wordt afgeregeld op het branden van de bovenste LED bij een druk van 1.078 hPa en R25 op het branden van de onderste LED van de schaal bij een druk van 960 hPa. Ook deze afregeling enige malen herhalen!

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



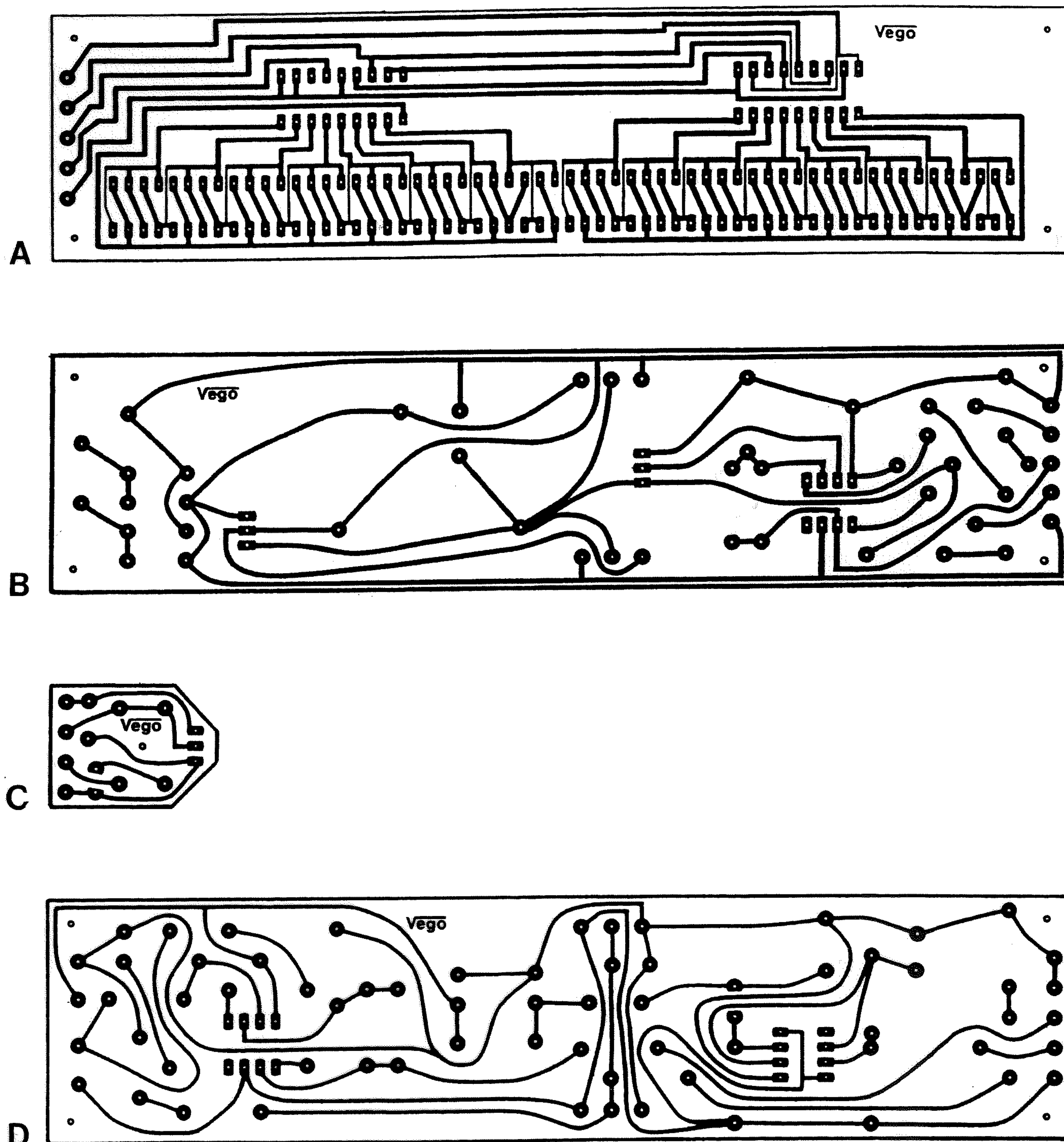
Figuur 4/14.60-5: De print van de schakeling.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



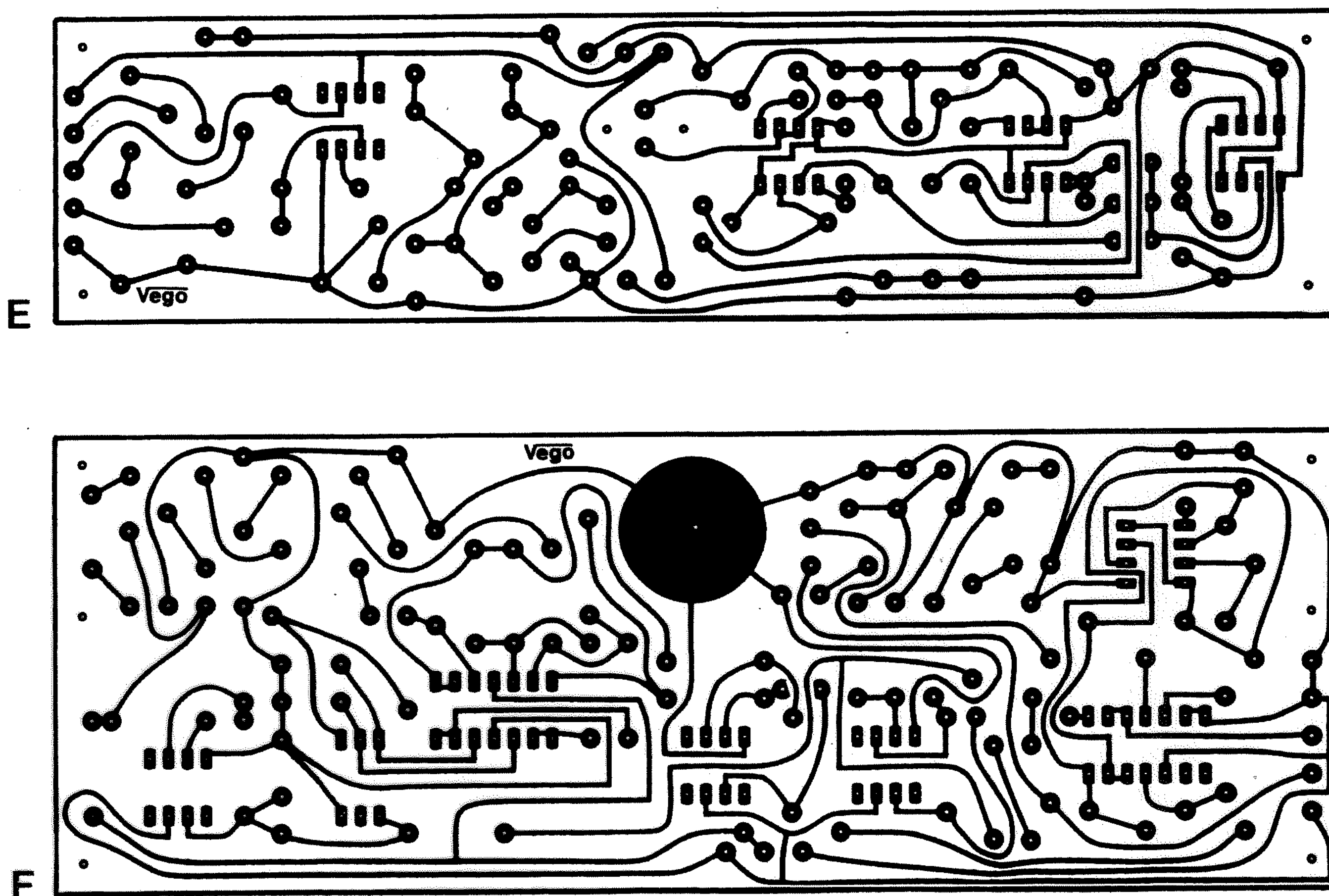
Figuur 4/14.60-5: De print van de schakeling

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-5: De print van de schakeling.

14.60 Exclusief weerstation met dot-bar display



Figuur 4/14.60-5: De print van de schakeling.

4/14.61

Digitale klok met "spreektaal"-display

Inleiding

Wie zou, in een tijd waarin men digitale klokken voor een tientje kan kopen, een dergelijk apparaat zélf gaan bouwen? Niemand natuurlijk, tenzij het ontwerp iets speciaals te bieden heeft dat geen enkele in de winkel te verkrijgen klok heeft. Welnu, dit ontwerp heeft dat wel wis en waarachtig!

Wat is het probleem? Kost het u ook nog steeds enige seconden denkwerk om de uitlezing "16:43" van een digitale klok te vertalen naar het menselijke "17 voor 5"? Dan bent u niet de enige! Een onderzoekbureau, ingehuurd door grote Japanse elektronische industrieën, heeft namelijk aangetoond dat de onnatuurlijke en taalvreemde notatie van de tijd door middel van cijfers nog steeds voor vele mensen een probleem is. De industrie, kien als zij is, reageerde uiteraard onmiddellijk en herstelde de traditionele wijzerplaat in ere. De wijzers worden nu echter vervangen door een aantal straalgewijs opgestelde staafjes van vloeibaar kristal, die "oplichten" en de tijd toch elektronisch, maar traditioneel weergeven.

Men kan echter verder gaan. Met zevensegment uitlezingen kan men ook een aantal letters weergeven. Waarom dan geen klok ontwikkeld, die gewoon "14 voor 7" laat zien als het zo laat is? De in dit hoofdstuk beschreven klok is een dergelijk ontwerp. Vier extra uitlezingen, opgesteld tussen de minuten en uren, worden zo gestuurd dat de woorden "over", "HALF" of "voor" verschijnen.

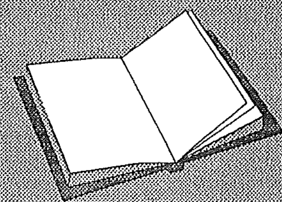
Een op-of-neer teller voor de minutensturing en een eenvoudige teller van 1 tot 12 voor de uren completeren het ontwerp.

Heel veel elektronica

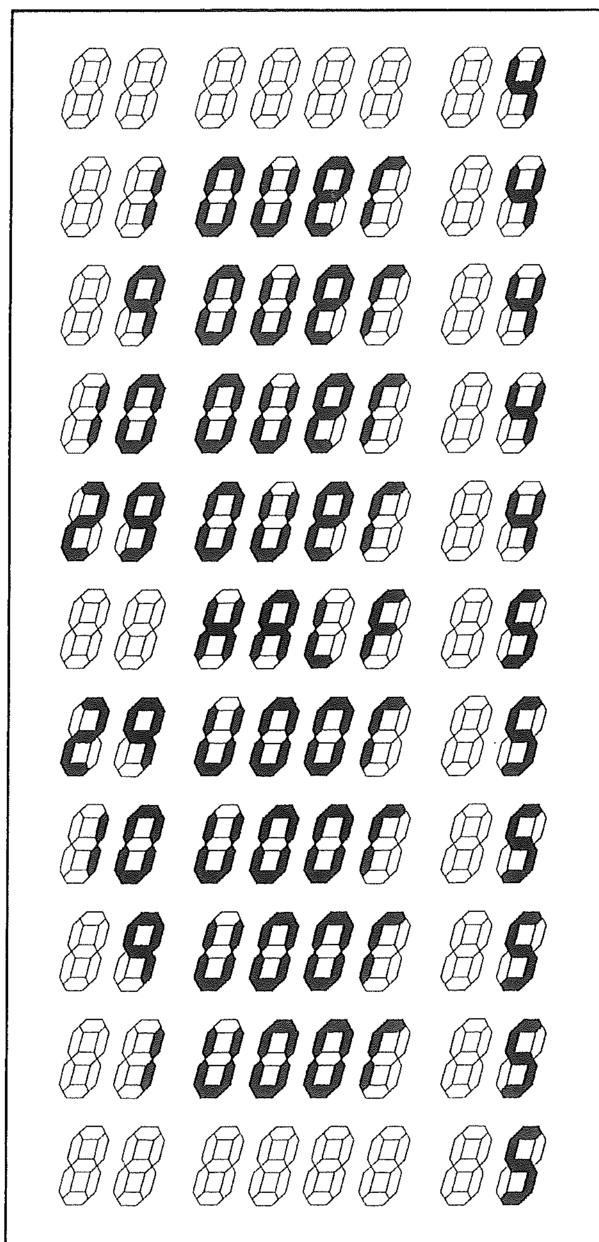
Een dergelijk ontwerp kan op twee manieren tot stand komen. Men kan er voor kiezen de volledige decodering van "traditionele" digitale uitlezing naar "spreektaal" uitlezing in de een of andere PAL te programmeren. De elektronica wordt eenvoudig, maar men zit met het probleem dat men deze PAL zélf moet programmeren. Een klusje dat niet voor iedere nabouwer in spé is weggelegd! Een tweede optie is te kiezen voor een "traditionele" ontwerpmethode, waarbij alles met discrete onderdelen wordt uitgewerkt.

LEES OOK:

Geen verwijzingen



14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



Figuur 4/14.61-1: De uitleescyclus tussen 4 uur en 5 uur.

Met als gevolg heel veel elektronica, maar met als resultaat een ontwerp dat door iedereen is na te bouwen. Uiteraard is voor deze laatste optie gekozen. Het selecteren van de op te lichten segmenten van de display's wordt in een dergelijke opzet verzorgd door diodematrixen, die dus dioden bevatten. Een onderdeel waar men dan wél tientallen van nodig heeft. Maar dioden zij spotgoedkoop, dus dát kan het probleem niet zijn!

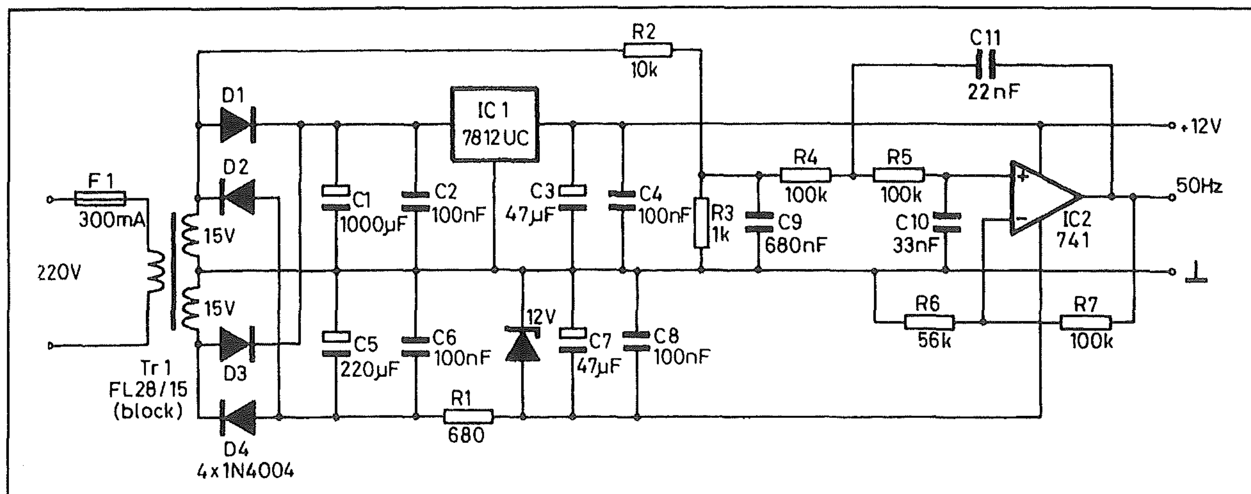
Aflezing van de tijd

In tegenstelling tot de bekende digitale klokken, is de deze klok uitgerust met acht zeven-segment uitlezingen. De eerste twee, Du1 en Du2 in figuur 4/14.61-1, duiden de minuten aan. De vier volgende worden toegepast als woord-uitlezing en zijn zo geschakeld dat respectievelijk de woorden "over", "HALF" en "voor" worden weergegeven. De twee laatste uitlezingen tenslotte, Du7 en Du8, verzorgen de indicatie van de uren.

Uit de diverse tijduitlezingen die als voorbeeld zijn getekend kan men heel veel afleiden over de werking van de klok. Zo zal het duidelijk zijn, dat Du1 en Du2 worden gestuurd uit een op-of-neer teller, opgebouwd uit twee decaden en die van "00" tot en met "30" optelt en nadien weer aftelt tot de uitgangspositie. Overbodige gegevens worden onderdrukt, zodat het schema van de minutenteller extra schakelingen bevat, waarmee de tellerstanden "00" en "30" kunnen worden herkend. Deze signalen zijn ook noodzakelijk voor het sturen van de woord-uitlezingen. Bij "00" zijn de vier middelste uitlezingen immers gedoofd, bij "30" moet het woord "HALF" worden gevormd. De signalen die respectievelijk "voor" en "over" doen oplichten, kan men afleiden uit de sturing voor de op-of-neer tellerfunctie van de minutenteller.

De urenteller telt van "0" tot en met "12" en is dus een aangepaste versie van een normale 12-deler. Deze schakeling wordt gestuurd uit het signaal dat het woordje "HALF" doet oplichten en heeft als bijzondere eigenschap dat hij niet naar "00" reset, maar naar "01".

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



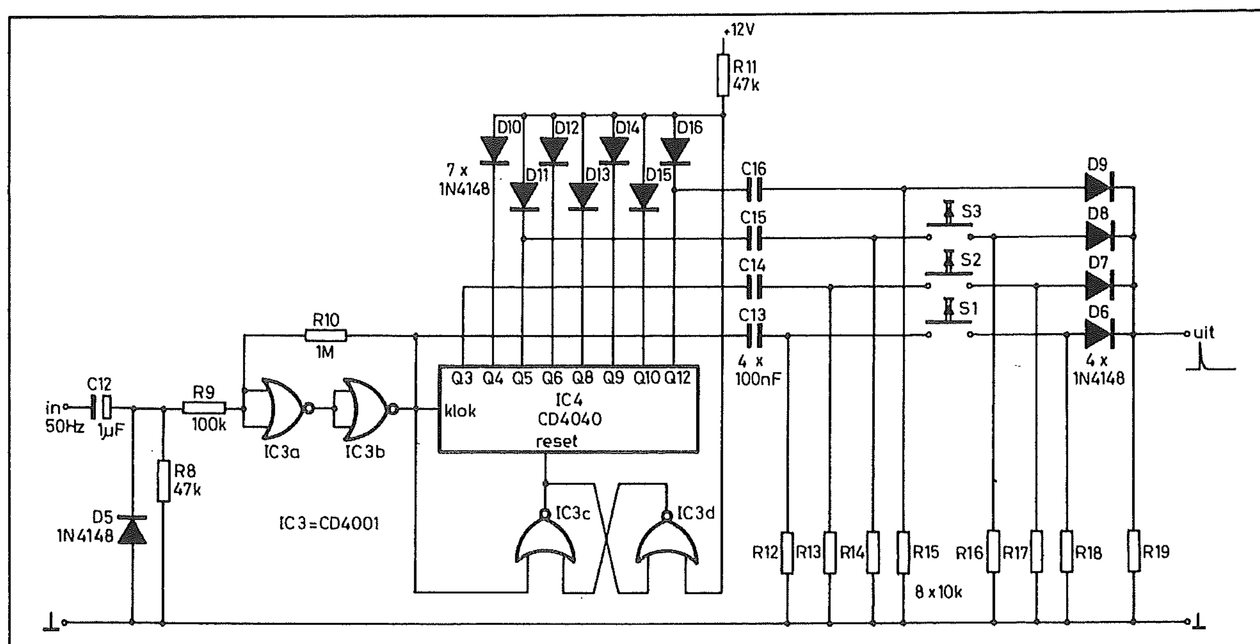
Figuur 4/14.61-2: De voeding en de stuurpuls generator.

Blokschema
Het blokschema van de klok is vrij eenvoudig, zodat in de volgende paragrafen onmiddellijk de diverse schemablokken in detail kunnen worden beschreven.

Voeding en stuurpuls schakeling
De klok is opgebouwd met COS-MOS IC's en vraagt bijgevolg een voedingsspanning van +12 V. Zoals uit figuur 4/14.61-2 blijkt, wordt deze spanning op een zeer traditionele manier opgewekt uit een trafo met twee secundaire wikkelingen van 15 V. Uit deze trafo wordt tevens een mooi 50 Hz signaaltje gevormd, waarmee de klok wordt gestuurd met een nauwkeurige minuten puls. Een laagdoorlaat filter rond de operationele versterker IC2 blokkeert eventueel op de netspanning aanwezige stoorpulsen. Voor het voeden van de opamp is een zeer eenvoudige voedingsschakeling van -12 V aanwezig. De frequentie van de netspanning wordt zeer stabiel op 50,00 Hz gehouden. Dat is dus een ideale tijdreferentie, die gebruikt kan worden als clock-puls voor een elektronische klok. Er zit echter wél wat storing op de netspanning en die storing moet dus zorgvuldig weggefilterd worden. Het scheelt dat de schakeling met (trage) CMOS werkt, een technologie die niet gevoelig is voor moeilijk te verwijderen heel smalle pulsen. De spanning van een van de secundaire wikkelingen wordt eerst verzwakt door de weerstandsdeler R2-R3, waarbij door het parallel schakelen van C9 een eerste ruwe onderdrukking van de stoorspanningen wordt doorgevoerd. De schakeling rond de op-amp is een actief 12 dB per octaaf laagdoorlaat filter. Op de uitgang van de op-amp staat een vrij zuivere sinus: de vervorming bedraagt slechts 0,5 %.

De ingangsdeler
Figuur 4/14.61-3 geeft het schema van de ingangsdeler en de gelijkzet schakeling. De 50 Hz uit de stuurpuls schakeling moet uiteraard worden omgevormd tot een signaal van 1 puls per minuut. Een simpel rekensommetje leert dat de deelverhouding gelijk is aan 3.000. Deze deelverhouding kan men met één IC uitvoeren. De CD4040 bevat 12 delertrappen en deelt zonder terugkoppeling door tot 4.096. Als men de schakeling wil laten delen door 3.000, dan moet men uiteraard eerst een schakeling ontwerpen, die de 3.000-ste puls van een telcyclus detecteert.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



Figuur 4/14.61-3: Het schema van de van de ingangsdeler en van de gelijkzet schakeling.

Dat gaat het eenvoudigst met een diodematrix. Na de 3.000-ste puls zijn de uitgangen Q4, Q5, Q6, Q8, Q9, Q10 en Q12 "H". 3.000 is immers gelijk aan 8 + 16 + 32 + 128 + 256 + 512 + 2.048! Alleen na de 3.000-ste ingangspuls zullen de dioden D10 tot en met D16 sperren en ontstaat op het knooppunt van R11 en de anoden van de dioden een positief signaal. Via een flipflop stuurt dit signaal een resetpuls naar de teller. De werking van de reset-schakeling is getekend in figuur 4/14.61-4. Het 50 Hz signaal wordt aangeboden aan de klok-ingang van de deler en aan de resetingang van een R-S flip-flop. De teller reageert op de negatieve flank van het klok-signaal. De Q-uitgang van de flip-flop stuurt de reset van de teller. Deze ingang reageert op een positief signaal. De flipflop wordt door de positieve klokpulsen in de stand Q = "L" gedwongen. De reset wordt niet gestuurd. Na de 3.000-ste ingangspuls stuurt de diodematrix een positief signaal naar de set van de flip-flop (tijdstip t2). De flip-flop klapt om, de Q-uitgang wordt "H". Deze spanning stuurt de reset van de delerketen en alle flipflop's uit de keten worden gereset. De positieve spanning op de set valt weg. Op tijdstip t3 wordt de flip-flop gereset door de positieve klokpuls op de reset. De Q-uitgang van de flip-flop gaat naar "L", de reset van de delerketen volgt deze spanningsdaling en de delers kunnen opnieuw pulsen gaan tellen. Op tijdstip t4, bij de negatieve flank van de klokpuls, zal de eerste puls van de nieuwe cyclus worden geregistreerd. De combinatie diodematrix en R-S flip-flop werkt even betrouwbaar als de officieel geadviseerde NAND-poort met zeven ingangen, gevolgd door een invertor. De schakeling vergt echter geen speciaal IC (wie heeft een poort met zoveel ingangen in voorraad?) en is veel eenvoudiger tot een printontwerp om te vormen. Een opmerking. In principe zou men kunnen denken dat zelfs de flip-flop overbodig is. Als men de uitgang van de diodematrix rechtstreeks naar de reset van de delerketen stuurt, ontstaat op het

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display

juiste moment een smalle positieve resetpuls. Niet doen! Zonder de flip-flop, die de uitgang van de matrix omvormt tot een positieve puls met een goed gedefinieerde breedte, werkt de schakeling niet betrouwbaar. Terug nu naar het schema van figuur 4/14.61-3.

De 50 Hz sinus uit de operationele versterker moet uiteraard worden omgezet in een mooie CMOS-compatibele stuurpuls. Er zijn twee NOR-poorten over, daarmee kan een schmitt-trigger volgens het bekende recept samengesteld worden. Condensator C12 en diode D5 vormen het symmetrisch ten opzichte van nul variërend signaal uit de op-amp om tot een positief signaal.

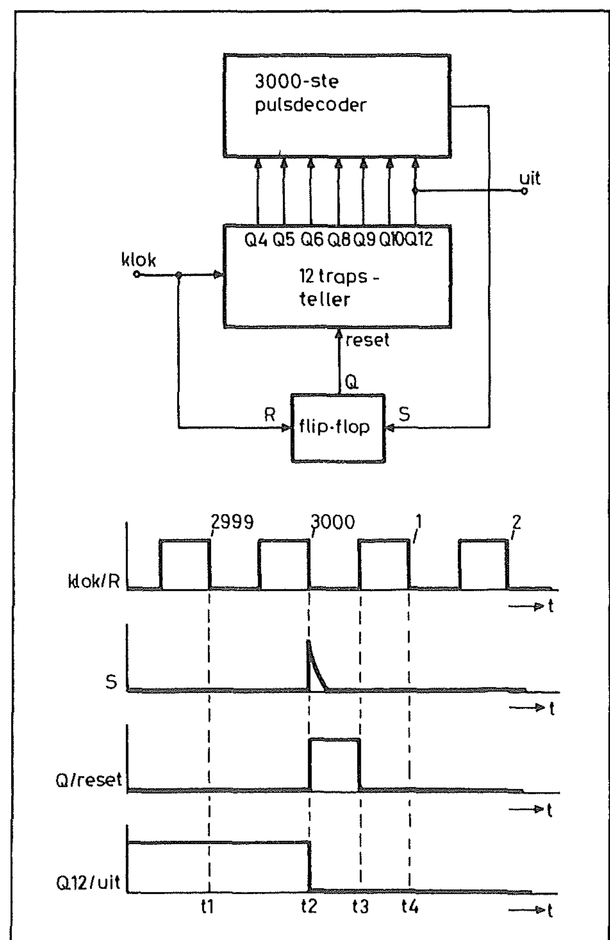
De gelijkzet schakeling

Een klok moet uiteraard op een of andere manier gelijk worden gezet. Vandaar dat de uitgang van de schmitt-trigger en de Q5- en Q3-uitgangen van de deler worden gebruikt voor het opwekken van zeer snelle, minder snelle en trage gelijkzet pulsjes. Vier differentiatoren vormen de vierkantpulsen om tot smalle positieve en negatieve naalden. De positieve naaldspanningen en de minutenpuls verschijnen steeds over weerstand R19. De positieve naalden van de gelijkzet pulsen worden aan deze weerstand toegevoerd als een van de drie drukknoppen S1 tot en met S3 wordt ingedrukt. Deze gelijkzet methode is zeer eenvoudig en werkt zonder problemen. Last van schakelaardender heeft men niet, omdat beide aansluitingen van de schakelaars door middel van weerstanden met de massa zijn verbonden en er normaliter geen spanningsverschil over de schakelaars staat. Alleen bij het indrukken van een schakelaar zullen de gedifferentieerde pulsen worden doorgekoppeld.

Blokschema van de minutenteller

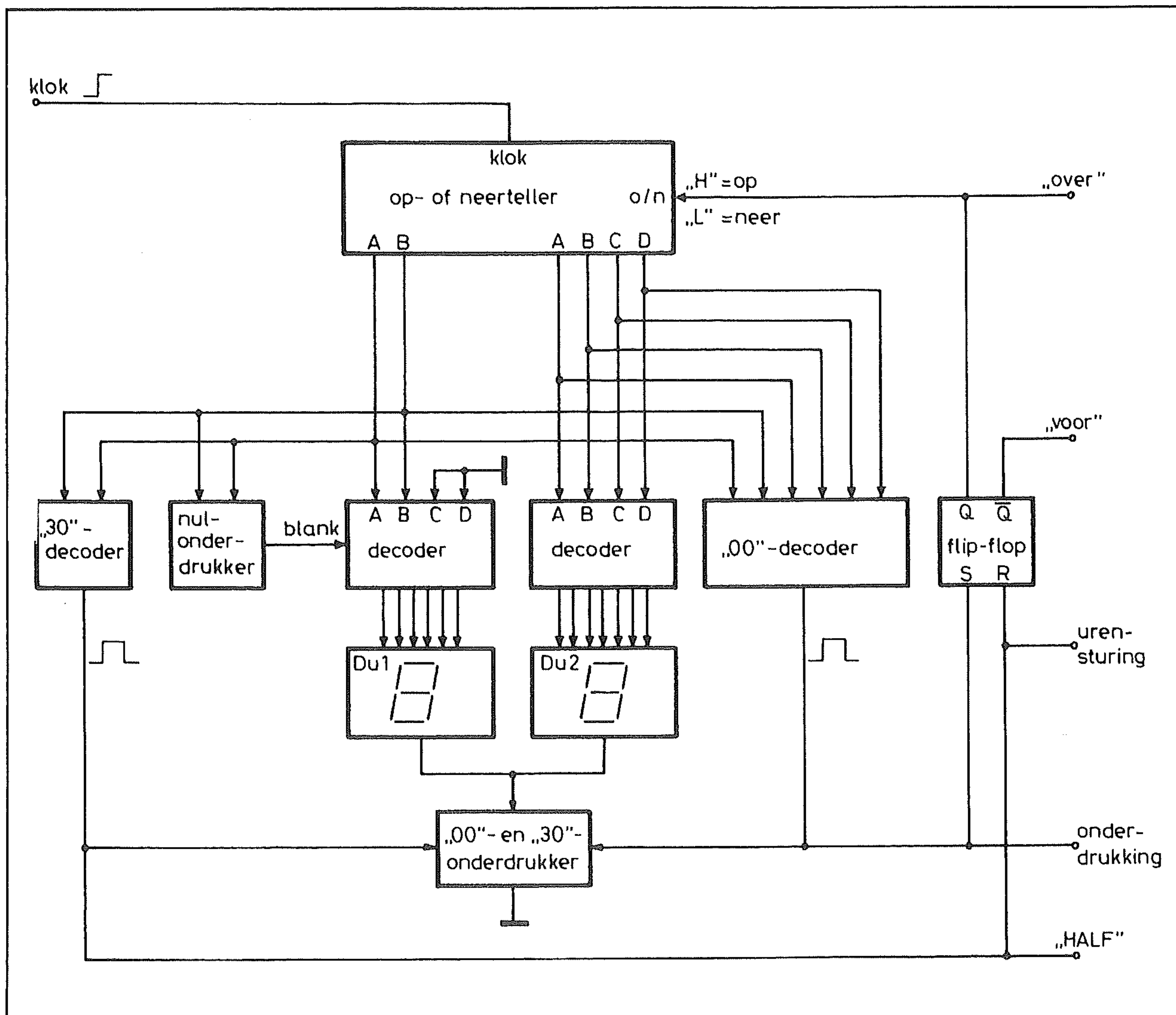
Zoals uit de bespreking van de uitlezing van de klok bleek, zorgt de schakeling van de minutenteller voor het opwekken van alle stuurpulsen in de klok. Deze schakeling is vrij uitgebreid en vandaar maar eerst een blokschemaatje. In figuur 4/14.61-5 is de blokschematische werking van de schakeling getekend.

De klokpulsen uit de gelijkzet schakeling worden aangeboden aan de gelijknamige ingangen van twee op-of-neer tellers. De zes uitgangen (A, B, C en D van de eerste decade en A en B van de tweede decade) sturen via zeven-zegment decoders en drivers de uitlezingen Du1 en Du2.



Figuur 4/14.61-4: Het pulsdiagram van de werking van de 3.000-deler.

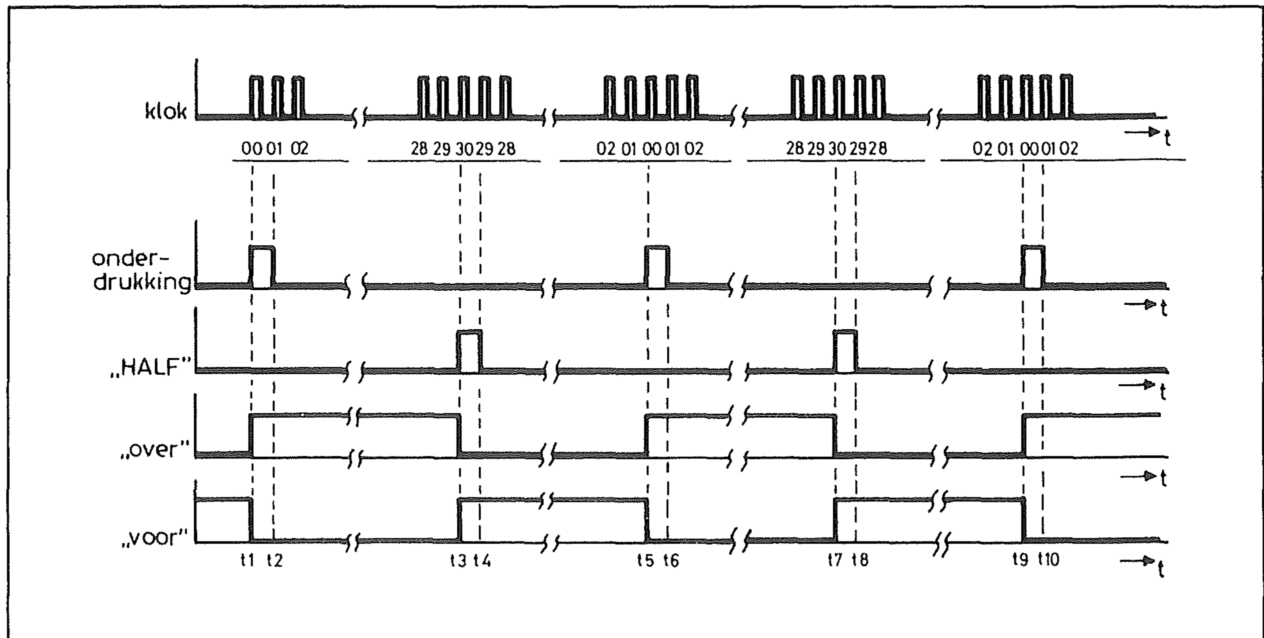
14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



Figuur 4/14.61-5: Het blokschema van de minutenteller.

Deze onderdelen zijn van het "gemeenschappelijke kathode"-type, de beide kathoden zijn echter niet rechtstreeks met de massa verbonden, maar via een blok "00- en 30-onderdrukker".
Als de tellerstand een van de genoemde waarden heeft, dan mogen de uitlezingen immers niet oplichten. Logischerwijze vindt men twee decoders, die uit de informatie op de uitgangen van de op-of-neer tellers afleiden wanneer de tellerinhoud "00" of "30" is. De uitgangen van die twee decoders sturen het genoemde onderdrukkerblok. Uit figuur 4/14.61-1 kan men afleiden dat de op-of-neer tellers op moeten tellen na een "00"-stand en neer na een "30"-stand. Vandaar dat de uitgangen van de decoders een flip-flop sturen, waarvan de Q-uitgang de ingang van de tellers voedt met het op-of-neer commando. Zowel de set als de reset en de Q en de $\overline{Q}$ van deze flip-flop kunnen worden gebruikt voor het sturen van de woorduitlezing.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



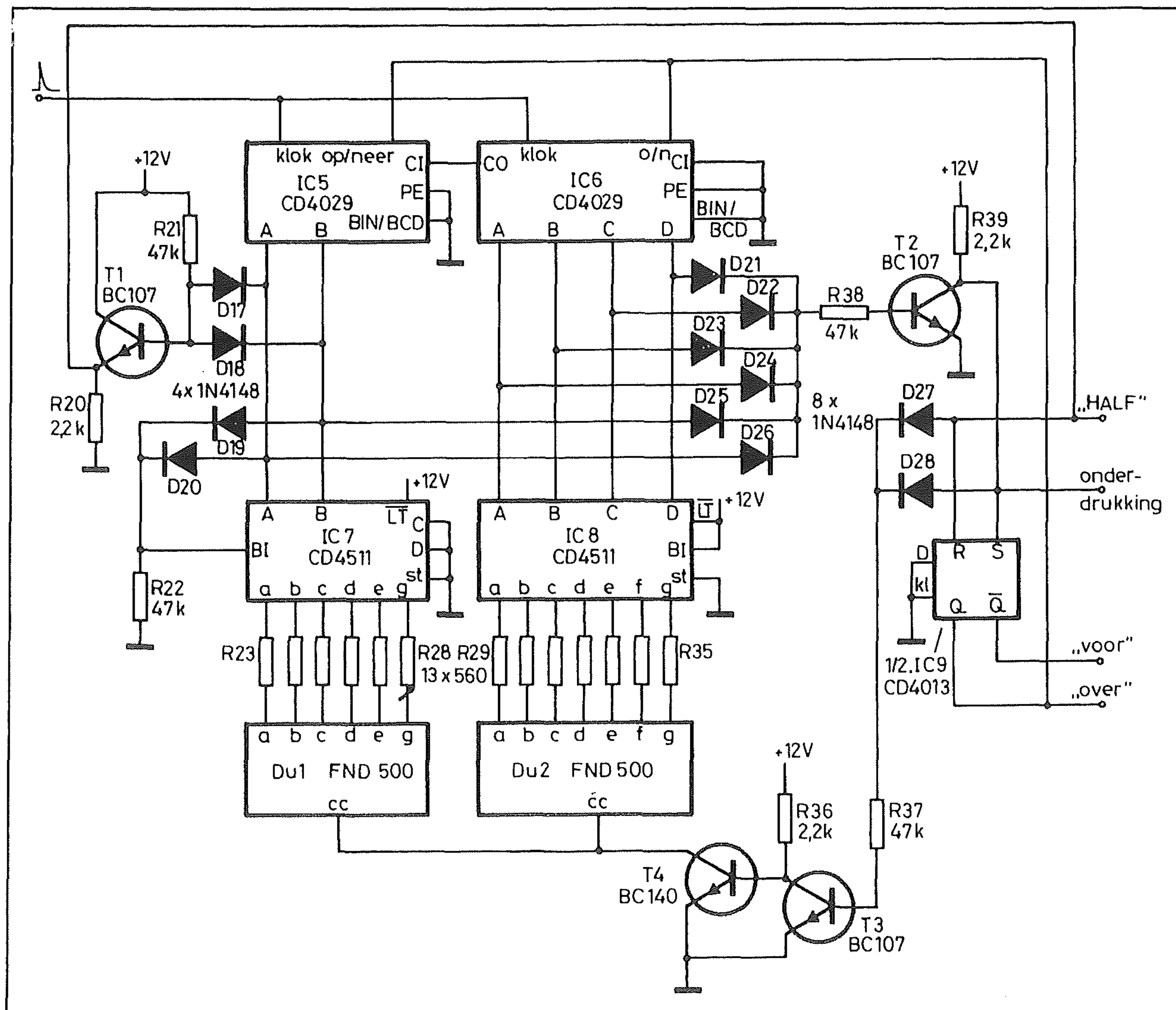
Figuur 4/14.61-6: Tijdrelaties tussen de diverse signalen die in de minutenteller circuleren.

Immers, als de tellers optellen moet het woord "over" verschijnen. Bij het afteller is de $\overline{Q}$-uitgang van de flip-flop positief en dit signaal is bruikbaar voor het sturen van het woord "voor". Op het half uur moet het woordje "HALF" verschijnen en hiervoor kan men het reset-signaal van de flip-flop gebruiken. Op het hele uur moet de woorduitlezing worden onderdrukt en de sturing voor die actie haalt men uit het set-signaal van de flip-flop. De relatie tussen de vier genoemde positieve stuurpulsen is in figuur 4/14.61-6 grafisch in beeld gebracht. Tot slot moet uitlezing Du1 worden onderdrukt als de tellerinhoud tussen "00" en "09" zit. Vandaar een extra nulonderdrukker, die op het juiste moment een signaal naar de onderdrukkingsingang van de linker decoder stuurt.

Praktisch schema van de minutenteller

Het praktisch schema van de minutenteller is getekend in figuur 4/14.61-7. De op-of-neer teller is uitgevoerd met twee CD4029 IC's. De sturing van deze schakeling verloopt iets anders dan gebruikelijk. De klok-ingangen worden parallel gestuurd. De IC's hebben een carry-in en een carry-out aansluiting. Als de eerstgenoemde "L" is, telt het IC de klokpulsen. Als deze ingang "H" is, worden de klokpulsen niet geteld. De carry-out wordt "L" bij de laatste puls van een telcyclus. Wil men verschillende IC's achter elkaar schakelen, dan volstaat het de carry-out van het eerste IC te verbinden met de carry-in van het volgende IC en zo verder. De carry-in van het eerste IC ligt uiteraard aan massa, omdat dit IC alle klokpulsen moet tellen. Door de verbinding tussen carry-in en carry-out zal de teller die de tientallen registreert alleen reageren op iedere tiende klokpuls. De decoder-drivers zijn van het type CD4511. Deze IC's hebben zeven bipolaire uitgangen en zijn in staat 25 mA per segment te schakelen. Een nadeel van deze IC's is dat ze geen ingebouwde stroombegrenzer hebben, zodat de LED-stroom extern onder controle moet worden gehouden.

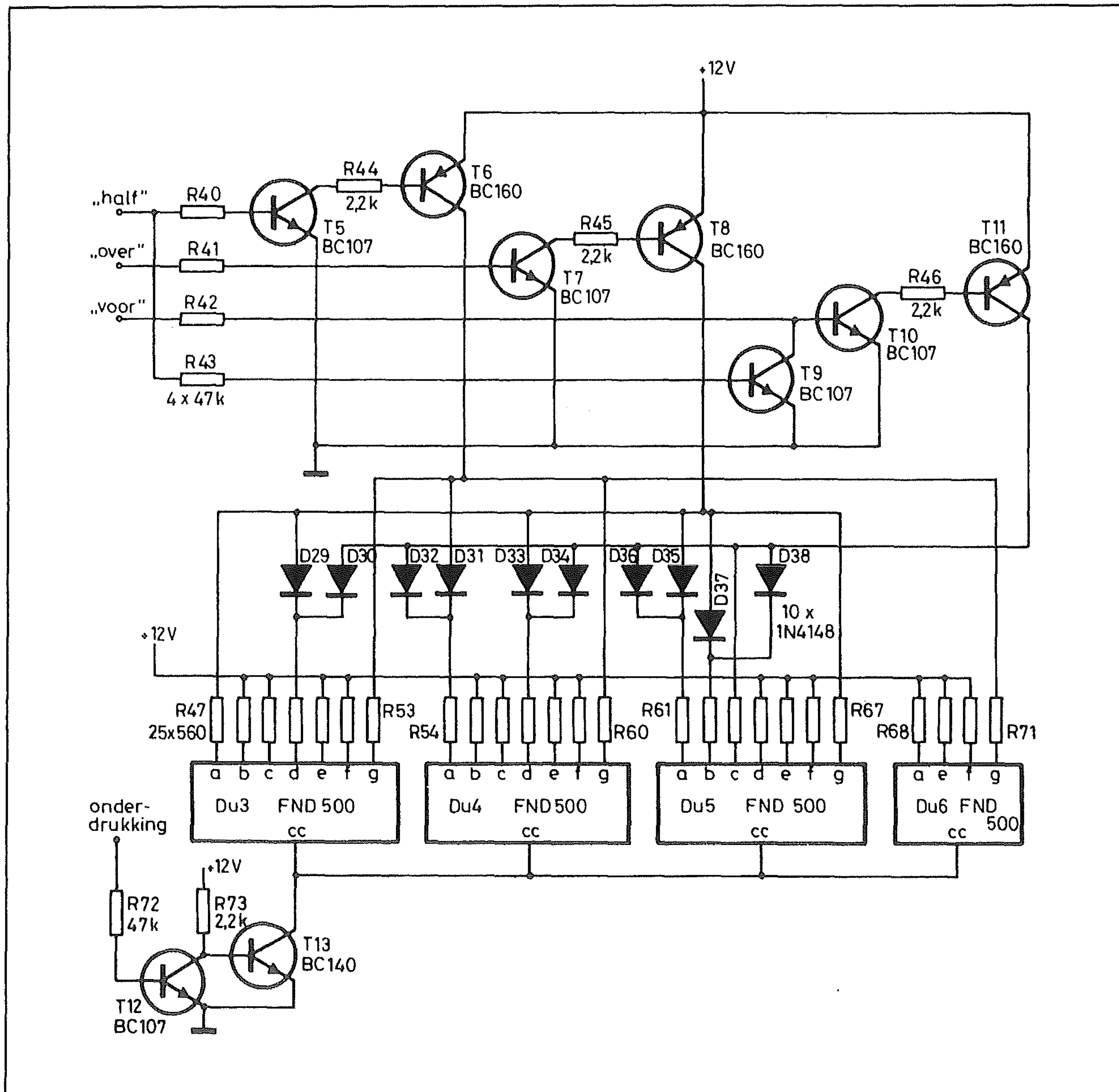
14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



Figuur 4/14.61-7: Het praktisch schema van de minutenteller.

Vandaar de weerstanden R23 tot en met R35, die de uitlezingen begrenzen tot ongeveer 20 mA. De onderdrukkingsingang van IC7 wordt gebruikt voor het onderdrukken van overbodige nullen. Door middel van de dioden D19 en D20 wordt deze ingang "L" als zowel A als B "L" zijn en de uitlezing een nul zou aanduiden.
De "00"- en "30"-decoders zijn eveneens gebouwd met dioden. In het ene geval wordt door middel van de invertor T2 een positief signaal opgewekt als alle telleruitgangen "L" zijn. In het andere geval ontstaat de positieve stuurpuls over de emitterweerstand van de emittervolger T1.
Beide signalen sturen de commando-ingangen van de S-R flip-flop IC9 van het type CD4013. De Q-uitgang stuurt de op-of-neer stuur-ingang van de beide tellers. Door middel van de dioden D27 en D28 wordt de combinatie T3 en T4 gestuurd als de tellerinhoud "00" of "30" is. De geleidende T3 trekt de basis van T4 naar massa. Deze laatste halfgeleider spert en de kathoden van de uitlezingen worden van de massa losgekoppeld.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display

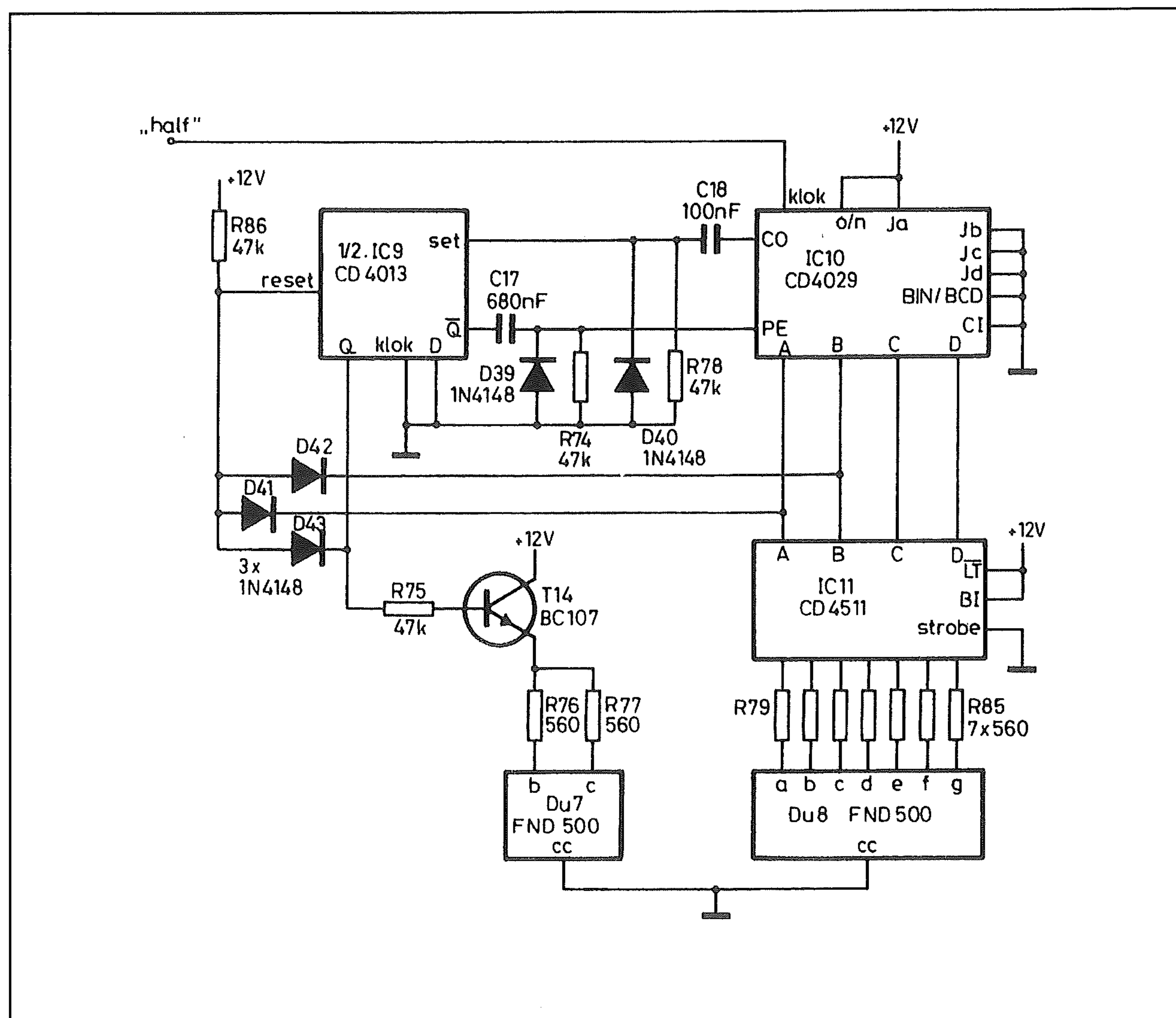


Figuur 4/14.61-8: Het praktisch schema van de woorduitlezing.

De woorduitlezing

Bij een analyse van de samenstelling van de woorden "over", "voor" en "HALF" door middel van zeven-zegment indicatoren blijkt dat er niet minder dan 14 segmenten steeds branden. Dat is dan natuurlijk erg gemakkelijk! Deze segmenten kunnen door middel van stroombegrenzingsweerstanden rechtstreeks met de voedingsspanning van +12 V worden verbonden. Het oplichten van de overige segmenten wordt bevolen door de positieve signalen uit de in- en uitgangen van de flip-flop. Als een segment bij meer dan een woord moet oplichten, dan wordt dit segment door middel van twee scheidingsdioden met beide stuursignalen verbonden.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



Figuur 4/14.61-9: Het praktisch schema van de urenteller.

Figuur 4/14.61-8 geeft het complete schema van dit deel van de schakeling. Tussen de stuursignalen en de segmenten zitten uiteraard enige transistoren, die in staat zijn de som van alle segmentstromen van 20 mA elk te leveren. Er is echter een addertje onder het gras verborgen. In figuur 4/14.61-6 kan men zien dat de puls die de indicatie "HALF" moet sturen samenvalt met het eerste deel van de "voor"-puls. Beide woorden zouden tezelfdertijd oplichten. Vandaar een extra transistor T9, die het "voor"-signaal kortsluit als "HALF" brandt.

De urenteller

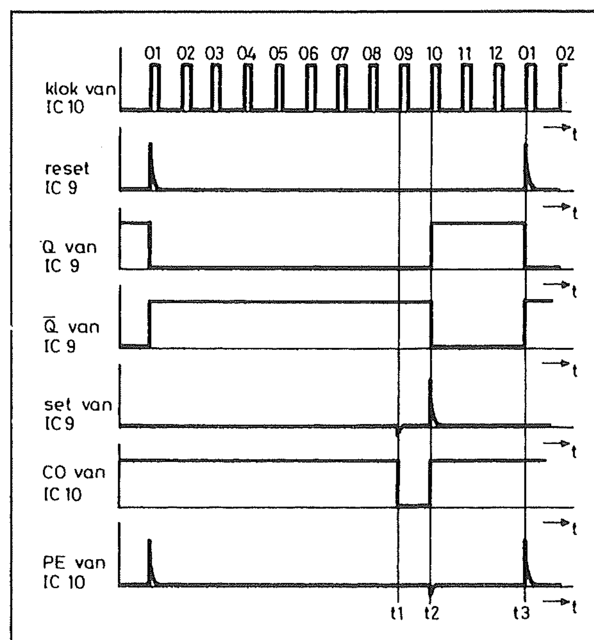
De urenteller van figuur 4/14.61-9 is opgebouwd met een op-of-neer teller (CD4029) voor de eenheden en een S-R flip-flop (CD4013) voor de tientallen. De op-of-neer teller is gebruikt, omdat dit IC een zogenoemde "jam" heeft. Op vier "jam"-ingangen Ja, Jb, Jc en Jd kan men een BCD-code aanleggen. Als nadien de

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display

PE-ingang "H" wordt, neemt de teller de informatie van de "jam"-ingangen over en telt vanuit die stand verder. Met dit systeem kan men de telcyclus sturen. Men hoeft immers nu niet na de 12-de ingangspuls te resetten naar "00" en op een of andere manier door het aanleggen van een extra klokpuls die ongewenste tellerstand te verdoezelen. Na de 13-de klokpuls geeft men een "jam", de teller gaat naar de stand "00" en vanuit die stand wordt verder geteld tot en met "12".

De werking van de schakeling wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 4/14.61-10. Het aanwezig zijn van de 13-de ingangspuls wordt gedetecteerd door een diodematrix. Als de A- en de B-uitgang van de CD4029 samen met de Q-uitgang van de flip-flop "H" zijn, dan sperren de dioden D41, D42 en D43 en stuurt weerstand R86 een positieve puls naar de reset van de flip-flop. De flip-flop klapt om, de $\overline{Q}$-uitgang wordt "H". Deze positieve spanningssprong wordt gedifferentieerd door het netwerk C17-R74 en de smalle positieve puls die hiervan het resultaat is, stuurt de PE-ingang van de op-of-neer teller. De "jam"-ingangen zijn zo geprogrammeerd dat de teller naar stand "1" gaat (Ja = "H" en Jb = Jc = Jd = "L"). Het gevolg is dat uitlezing Du8 een "1" aanduidt, terwijl Du7 is gedoofd.

De twee segmenten b en c worden immers gestuurd uit de Q-uitgang van de flip-flop en deze uitgang is "L" als gevolg van de resetpuls. De op-of-neer teller telt nu de volgende klokpulsen. Na de negende puls wordt de carry-out "L". Deze negatieve spanningssprong wordt gedifferentieerd door condensator C18 en weerstand R78, maar diode D40 onderdrukt de negatieve naald, zodoende heeft deze puls geen enkel effect. Na de tiende klokpuls echter, gaat de carry-out terug naar "H". De positieve naald uit de genoemde differentiator stuurt de set van de flip-flop. Deze schakeling klapt om, de Q-uitgang wordt "H" en dit signaal stuurt transistor T14 in geleiding. De segmenten b en c van Du7 gaan branden, de uitlezing gaat naar "10".



Figuur 4/14.61-10: De onderlinge tijdrelatie in het schema van figuur 4/14.61-9.

De teller telt vervolgens de 11-de en 12-de ingangspuls. Na de dertiende klokpuls wordt de diodematrix geactiveerd, de flipflop reset en stuurt de PE-ingang van de op-of-neer teller. De uitlezing gaat naar "01" en een tweede cyclus start.

Bouw van de klok

Figuur 4/14.61-11, op de transparante pagina, geeft de twee printontwerpen van de klok. De acht uitlezingen zitten op een afzonderlijk klein printje, het is uiteraard de bedoeling de twee printen loodrecht op elkaar te monteren. De componentenopstelling van de basisprint is getekend in figuur 4/14.61-12, die van de display-print in figuur 4/14.61-13.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	680 Ω
R2,R12-R19	10 kΩ
R4,R5,R7,R9	100 kΩ
R6	56 kΩ
R3	1 kΩ
R20,R36,R39,R44,R45,R46,R73,R8,R11,R21,R22,R37,R38	2,2 kΩ
R40-R43,R72,R75,R78,R86,R23-R35,R47-R71,R76	47 kΩ
R77,R79-R85	560 Ω
R10	1 MΩ

CONDENSATOREN

C1	1.000 µF	25 V printelco
C2,C4,C6,C8,C13,C14,C15,C16,C18	100 nF	MKH
C3,C7	47 µF	16 V printelco
C9,C17	680 nF	MKH
C10	33 nF	MKH
C11	22 nF	MKH
C5	220 µF	25 V printelco
C12	1 µF	16 V printelco

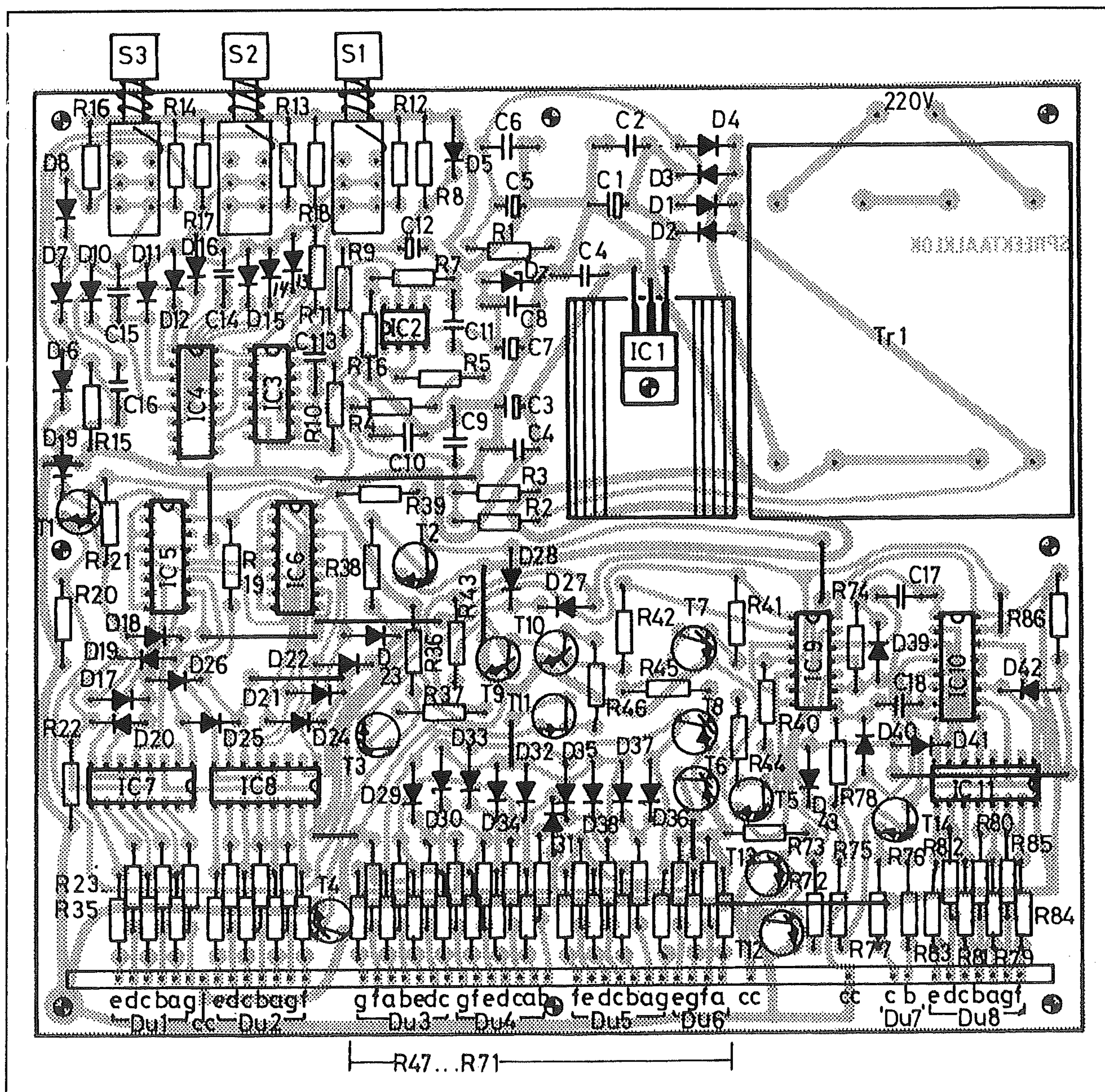
HALFGELEIDERS

D1,D2,D3,D4	1N4004
D5-D43	1N4148
D44	12 V zener, 400 mW
T1,T2,T3,T5,T7,T9,T10,T12,T14	BC107
T4,T13	BC140
T6,T8,T11	BC160
IC1	7812UC
IC2	741
IC3	CD4001
IC4	CD4040
I5,IC6,IC10	CD4029
IC7,IC8,IC11	CD4511
IC9	CD4013

DIVERSEN

1	trafo, 2 x 15 V, 2 x 250 mA
1	printzekeringhouder
1	zekering 300 mA
1	koelplaatje voor IC1
8	display, FND500
3	drukschakelaars Shaddow
2	printsoldeerlipje

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display

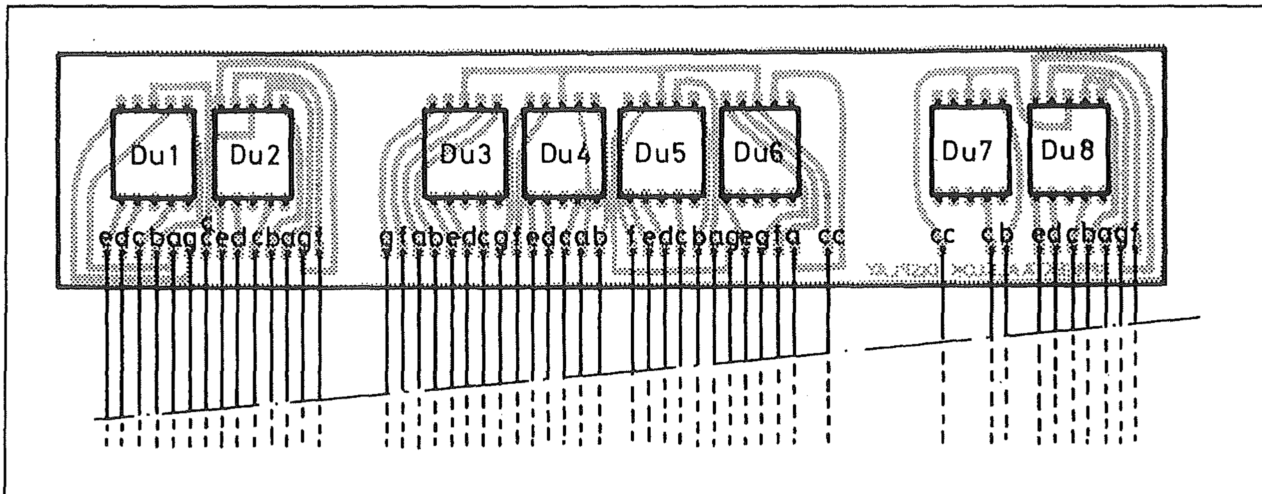


Figuur 4/14.61-12: Componentenopstelling van de grote basisprint.

Er zijn 14 draadbruggen en die worden als eerste aangebracht. Nadien volgen alle kleine onderdelen. Om plaats uit te sparen zijn de stroombegrenzende weerstanden van de segmenten van de uitlezingen in twee lagen boven elkaar gemonteerd. Laat een halve centimeter ruimte tussen beide lagen, zodat de opgewekte warmte gemakkelijker kan afvloeien. De klok verbruikt vrij veel stroom, iets meer dan 0,5 A, let dus op de afmetingen (37,5 cm) van het SK09 koelprofieltje voor IC1!

Om het geheel in een zo plat mogelijk kastje te kunnen onderbrengen is gekozen voor een platte trafo van Block, namelijk type FL28/15. Voor de drie drukknoppen kan men de bekende kleine Japanse drukschakelaartjes gebruiken.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



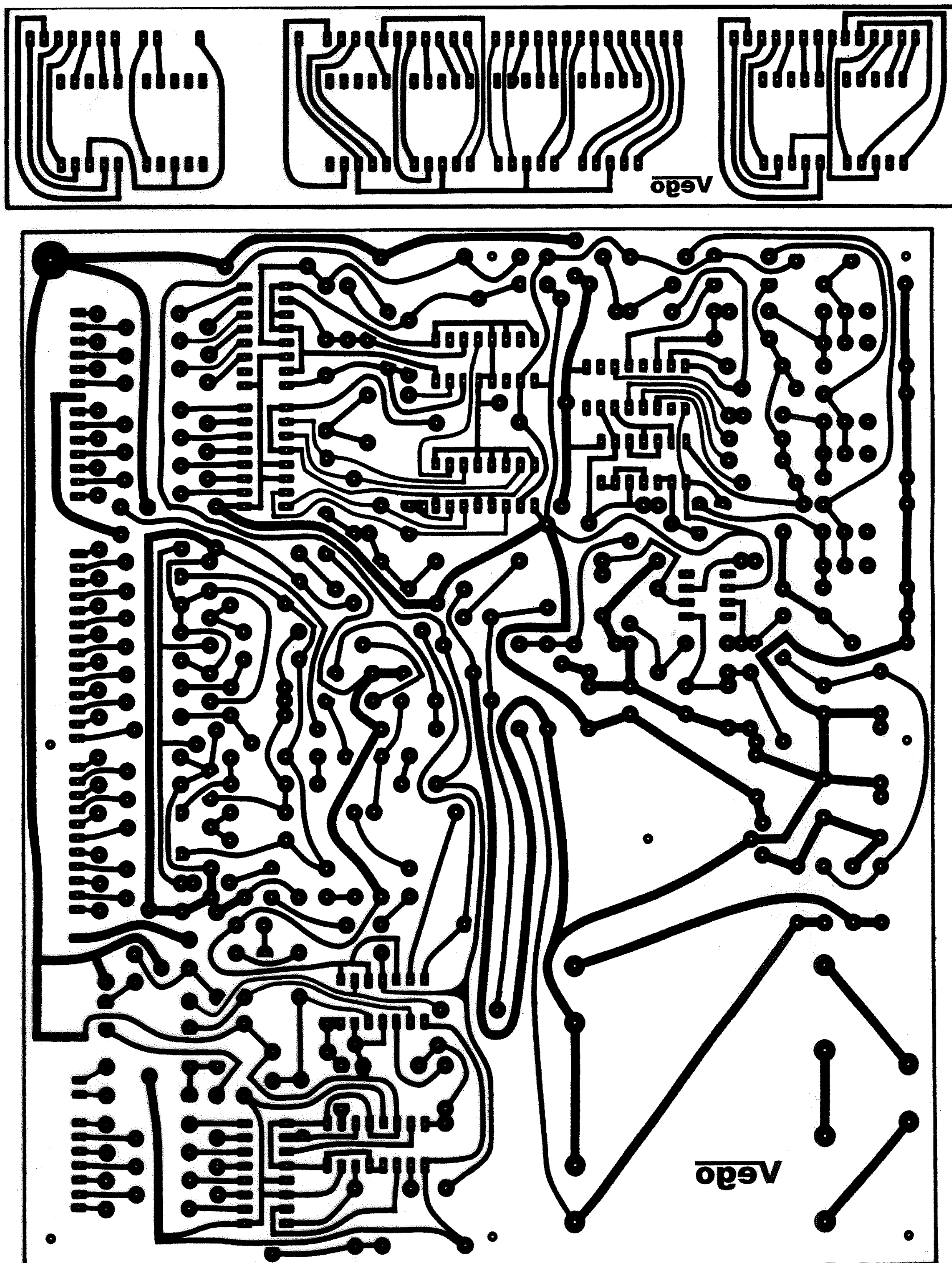
Figuur 4/14.61-13: Componentenopstelling van de display-print.

Wie, zoals de ontwerper, dol is op de "alles op de print"-stijl koopt drie Schaddow-schakelaars van het type F2/U/EE, met bijbehorende knopjes. De uitlezingen worden volgens figuur 4/14.61-13 gemonteerd. Soldeer echter eerst 50 blanke draadjes van 3 cm lengte in de onderste rij gaatjes.

Knip nadien met een flinke schaar die draadjes af, zoals getekend in de afbeelding.

Men kan dan draadje voor draadje met een pincet in het corresponderende gaatje van de hoofdprint leiden, vervolgens de uitleesprint op de hoofdprint drukken en daarna de draadjes solderen.

14.61 Digitale klok met "spreektaal"-display



Figuur 4/14.61-11: De print van de schakeling

4/14.62

Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

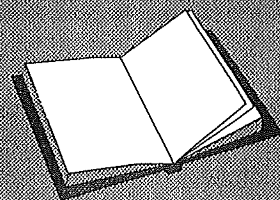
Inleiding

Hoewel er verschillende technieken bestaan om draadloos apparaten op afstand te besturen ligt het tegenwoordig voor de hand infrarode straling toe passen om aan- en uitschakelinstructies van een zender naar een ontvanger over te brengen. Dat kan op diverse manieren, er bestaan zelfs speciale geïntegreerde schakelingen waarmee men systemen, die meerdere tientallen kanalen kunnen besturen, kan samenstellen. Een technologisch hoogstandje, dat wel, de praktische bruikbaarheid van zo'n schakeling staat echter ter discussie! Vandaar dat in dit hoofdstuk een recht toe recht aan éénkanaals systeem wordt beschreven, samengesteld uit alledaagse elektronische componenten en dat bijvoorbeeld uitermate geschikt is om een garagepoort confortabel vanuit de auto te openen of te sluiten.

Het schema van de zender

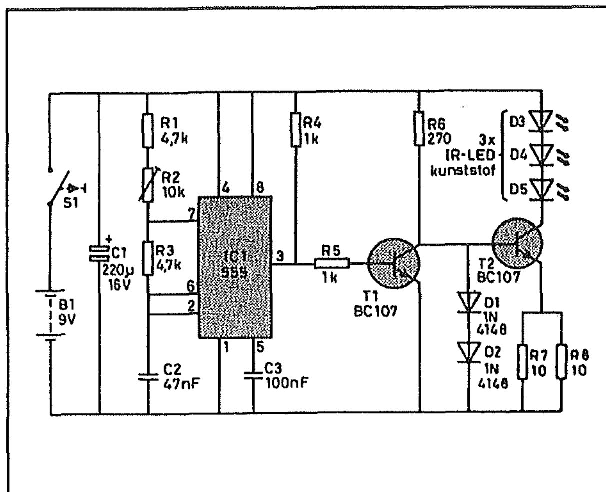
Bij infrarode afstandsbediening wordt steeds gebruik gemaakt van een frequentiegemoduleerde lichtstraal om het systeem ongevoelig te maken voor schommelingen in de lichtsterkte van de omgeving. Men kan dan namelijk in de ontvanger vrij eenvoudig de zenderinformatie uit het volledige aanbod aan IR-straling filteren. Bovendien heeft een gemoduleerd systeem het voordeel dat men smalle, maar intense stroomstootjes door de IR-LED's van de zender kan sturen zonder dat deze onderdelen de geest geven door oververhitting. Het gemiddeld gedissipeerde vermogen blijft dan onder de toegestane limiet, maar de korte stroomstootjes veroorzaken wel intense lichtpulsen, die de reikwijdte vergroten.
Een zender wordt in de hand gehouden en moet dus uit een batterij worden gevoed. Dit stelt grote eisen aan de frequentieconstantheid van de oscillator en aan de schakeling die de pulserende stroom door de LED's stuurt. Het is namelijk niet de bedoeling dat de reikwijdte afhankelijk wordt van de toestand van de batterij! Het eerste probleem is op te lossen door het toepassen van een 555 timer als hart aan de schakeling. Dit IC staat er om bekend dat de gegenereerde frequentie in hoge mate onafhankelijk is van de grootte van de voedingsspanning. Het tweede probleem wordt uit de wereld geholpen door de LED's te voeden uit een stroombron,

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.27
Hoofdstuk 4/14.29
Hoofdstuk 4/14.39
Hoofdstuk 6/7.7
Hoofdstuk 6/7.8



14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

die wordt gestuurd door het uitgangssignaal van de oscillator. Dit alles bekend zijnde kan men zich verdiepen in het praktisch schema van de zender, getekend in figuur 4/14.62-1.



Figuur 4/14.62-1: Het volledig schema van de zender.

De timer 555 is op de bekende manier geschakeld als vrijlopende astabiele multivibrator. De frequentie van het uitgangssignaal op pen 3 wordt bepaald door de waarde van de onderdelen R1, R2, R3 en C2. Eén en ander is zo gedimensioneerd dat men met instelpotentiometer R2 de frequentie met ongeveer 100 Hz rond de 1 kHz kan wijzigen. Om zoveel mogelijk licht uit de beschikbare 9 V batterij af te leiden worden drie infrarode LED's in serie geschakeld. Deze drie onderdelen D3, D4 en D5 zijn opgenomen in de collector van een als constante stroombron geschakelde transistor T2. De basis van deze halfgeleider wordt door middel van twee silicium dioden D1 en D2 ingesteld op een spanning van ongeveer 1,5 V. Omdat er 0,7 V staat tussen de basis en de emitter van een geleidende silicium transistor zal de spanning op de emitter zich instellen op 1,5 V - 0,7 V = 0,8 V. Deze spanning staat over de twee parallel geschakelde weerstanden R7 en R8, samen goed voor 5 Ω. Door de transistor vloeit bijgevolg een constante stroom van 0,8 V gedeeld door 5 Ω is gelijk aan 160 mA. Dit geldt echter alleen als transistor T1 spert. Als deze halfgeleider door het uitgangssignaal van de astabiele multivibrator in geleiding wordt gestuurd valt de basisspanning van de stroombron weg en gaat T2 sperren.
De zender wordt geactiveerd door het indrukken van drukschakelaar S1. De batterij wordt dan met de elektronica verbonden en er ontstaat een met 1 kHz gemoduleerde IR-straal.

Bouw van de schakeling
De zenderprint, voorgesteld in figuur 4/14.62-2a op de transparante printpagina, is aangepast aan de inbouw in een klein in de hand te houden kastje met afmetingen van 90 x 55 x 22 mm^3. De fabrikant is blijkbaar niet erg trots op zijn produkt, want een merknaam of -logo ontbreekt helaas. Het zwarte behuizinkje is echter in diverse catalogi terug te vinden, vandaar onze verwachting dat men na enige naspeuringen in de plaatselijke detailzaken in staat moet zijn een specimen in bezit te krijgen.
Het bijzondere is dat er aan de voorzijde een opening van 13 x 45 mm aanwezig is waarin precies drie infrarode LED's met reflector passen. Het printje kan aan de hand van de plattegrond van figuur 4/14.62-3 in minder dan een kwartiertje in een functionerende schakeling worden omgezet. In het prototype werden IR-LED's in transparante kunststof behuizing toegepast, die via haakse printhouders op de print werden gemonteerd en voorzien van opsteek reflectoren.

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

ONDERDELENLIJST ZENDER

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1,R3	4,7 kΩ
R4,R5	1 kΩ
R6	270 Ω
R7,R8	10 Ω
INSTELPOTENTIOMETER, LIGGEND, 5 x 10 mm	
R2	10 kΩ
CONDENSATOREN	
C1	220 µF 16 V printelco
C2	47 nF MKH
C3	100 nF MKH
HALFGELEIDERS	
D1,D2	1N4148
D3,D4,D5	IR-LED, 5 mm
T1,T2	BC107
IC1	555 timer, mini-DIL
DIVERSEN	
1 x	IC-voetje, 8 pennen
2 x	printsoldeerlipje
1 x	printschakelaar
3 x	haakse LED-houders
3 x	reflector voor 5 mm LED
1 x	batterijklem voor 9 V batterij
1 x	9 V batterij
1 x	handzaam kastje

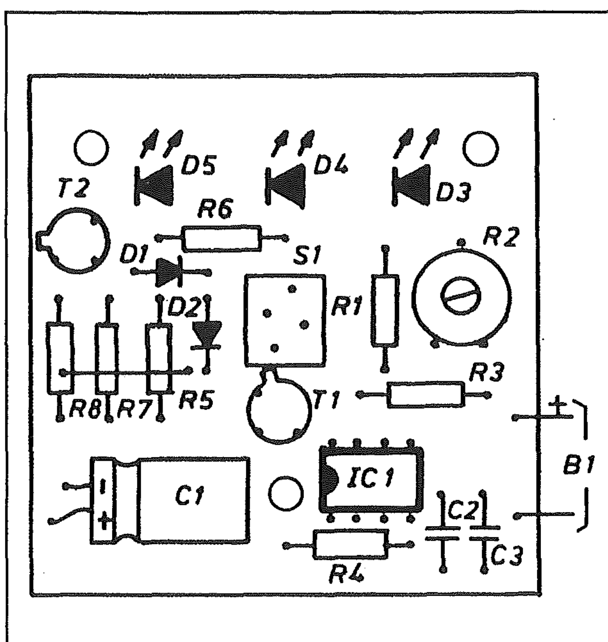
De foto van figuur 4/14.62-4 geeft een duidelijk inzicht in deze montage. Als schakelaar werd de print-uitvoering van een standaard keyboardschakelaar van het merk Promimet toegepast. Deze past namelijk precies in de hoogte van het kastje en het druktoetsje is goed bedienbaar via een rechthoekig gaatje van 10 x 8 mm in het dekseltje van het kastje. Op de print is een vierkant vlak aangebracht onder printelco C1. Het is de bedoeling dat dit vlakje wordt uitgevijld, zodat men de elco verzonken in de print kan monteren en deze dikbuik niet moeilijk doet als men het kastje wil dichtschroeven. Figuur 4/14.62-5 geeft een indruk van hoe het printje samen met een standaard 9 V batterij precies in de behuizing past en hoe de drie LED's keurig door de rechthoekige opening naar buiten gluren.

Het schema van de versterker in de ontvanger

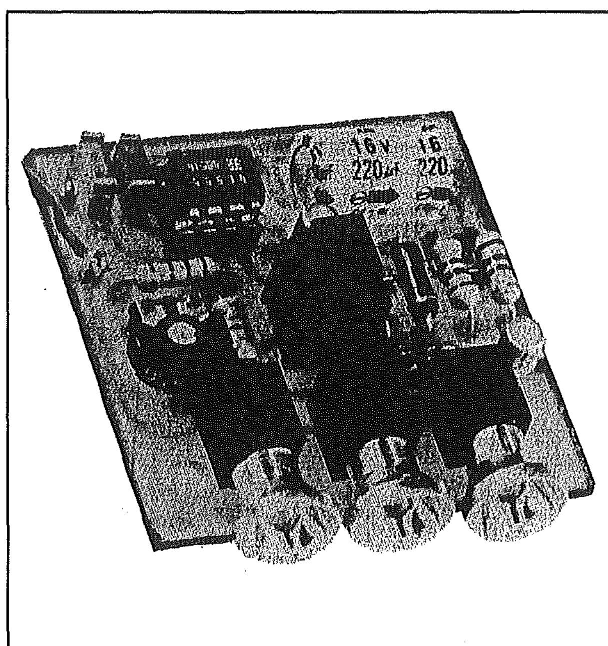
De door de zender uitgestraalde IR-bundel verzwakt uiteraard erg snel in de ruimte en het zal dan ook wel geen verba-

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

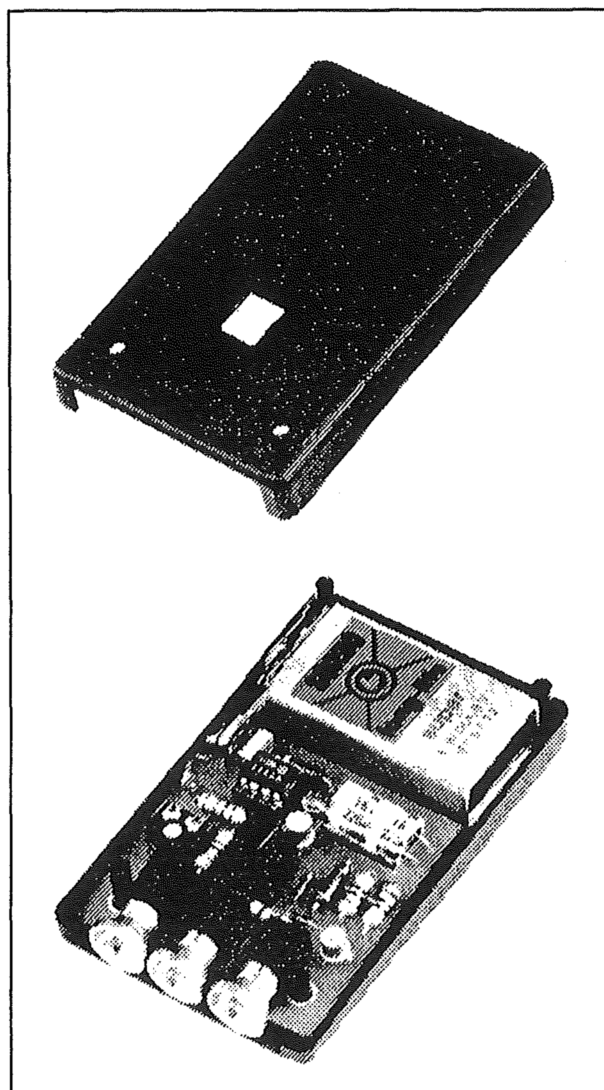
zing wekken dat het signaaltje dat over de IR-diode in de ontvanger ontstaat slechts enige millivolt groot is.



Figuur 4/14.62-3: De componentenopstelling van de zender.



Figuur 4/14.62-4: Het volledig bestukte printje van de zender.



Figuur 4/14.62-5: De zenderprint in het speciale kastje.

Versterken is de boodschap, maar ook filteren zodat de ontvanger alleen reageert op de 1 kHz pulsjes die door de zender worden uitgestraald en niet op tilt slaat als er in de ruimte waarin de ontvanger aanwezig is een TL-buis wordt ontstoken. Het schema van de IR-versterker, getekend in figuur 4/14.62-6, is samengesteld uit een op 1 kHz afgestemd filter rond IC1 en een lineaire versterker rond IC2. De IR-straling wordt gedetecteerd door een in sper op de voedingsspanning

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

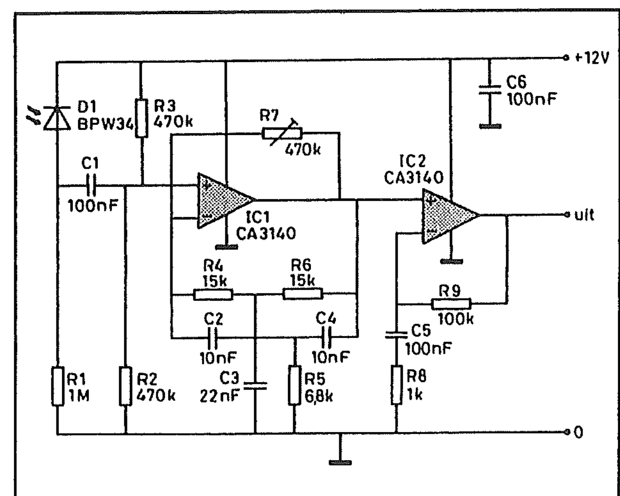
aangesloten infrarode diode van het type BPW34. Het invallen van licht met de juiste golflengte heeft tot gevolg dat de diode gaat lekken. Er vloeit dus een kleine stroom door het onderdeel die zijn weg naar de massa vervolgt langs weerstand R1. Over deze grote weerstand ontstaat een spanning van enige millivolt, dit signaaltje wordt via scheidingscondensator C1 aan de ingang van het filter aangelegd. De twee even grote weerstanden R2 en R3 stellen die positieve ingang van de operationele versterker in op de helft van de voedingsspanning. De afgestemde kring is van het dubbele T-type en is opgenomen in de terugkoppeling van de uitgang naar de inverterende ingang. Daarnaast is er ook een frequentie-onafhankelijke terugkoppeling aanwezig, gepersonifieerd door instelpotentiometer R7. Met dit onderdeel kan men de gesloten lusversterking van het filter instellen en daarmee ook de gevoeligheid van de versterker. Als men echter te veel weerstand in de keten opneemt zal het filter gaan werken als oscillator, een punt dat men goed in gedachten moet houden bij het afregelen van de schakeling. De tweede trap, de lineaire versterker, is rechtstreeks gekoppeld met de uitgang van het filter, zodat de instelling door middel van R2 en R3 ook van toepassing is op deze tweede opamp. Condensator C5 is opgenomen om de versterking voor gelijkspanning op 1 te fixeren. Eventueel aanwezige offset kan dus geen zout in de koffie strooien!

De bouw van de versterker

Figuur 4/14.62-2b geeft het printontwerpje voor de versterker en figuur 4/14.62-7 verwijst de onderdelen naar hun plaats. Men kan voor R7 zowel een grote als een kleine liggende instelpotentiometer toepassen. Gebruikt men de grote versie van Piher, dan kan men in het gaatje een asje monteren zodat de versterking ook van buiten het kastje instelbaar is. De IR-diode wordt verhoogd boven de print gesoldeerd. Of men dit voorbeeld moet volgen hangt af van het kastje waarin men de schakeling onderbrengt. Het is in ieder geval wél de bedoeling dat het fotogevoelige oppervlak van de BPW34 via een klein gaatje in de behuizing ongehinderd door enig obstakel de omgeving kan observeren. De schakeling van de versterker is zeer gevoelig en het is aan te bevelen het printje op een afschermplaatje te bevestigen dat met de massa van de print wordt verbonden.

De IR-ontvanger

De taak van de IR-ontvanger is het door de IR-versterker versterkte 1 kHz signaal van de zender om te zetten in een mooie digitale puls, met deze puls een flip-flop afwisselend te setten of te resetten en de uitgang van de flip-flop aan te bieden aan een triac die de belasting in- of uitschakelt. De twee eerst genoemde opdrachten worden vervuld door de schakeling van figuur 4/14.62-8.

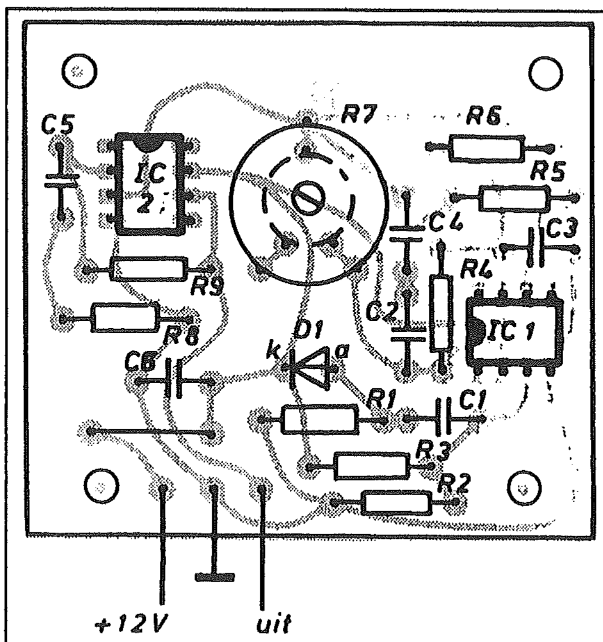


Figuur 4/14.62-6: Het schema van de voorversterker.

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

ONDERDELENLIJST VERSTERKER

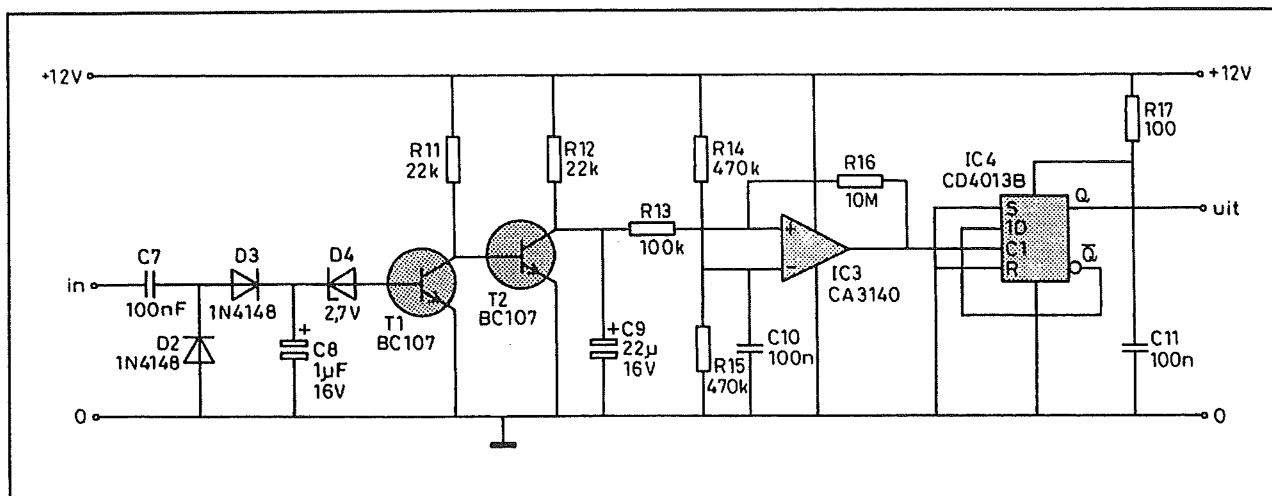
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	1 MΩ	
R2,R3	470 kΩ	
R4,R6	15 kΩ	
R5	6,8 kΩ	
R8	1 kΩ	
R9	100 kΩ	
INSTELPOTENTIOMETER, LIGGEND		
R7	470 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1,C5,C6	100 nF	MKH
C2,C4	10 nF	MKH
C3	22 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
D1	BPW34 IR-diode	
IC1,IC2	CA3140 mini-DIL	
DIVERSEN		
2 x	IC-voetje, 8 pennen	
3 x	printsoldeerlipje	



Figuur 4/14.62-7: De componentenopstelling van de versterker.

Om uit de door de versterker geleverde wisselspanning (tussen haakjes een mooie sinus, het filter haalt immers de fundamentele frequentie uit het blokvormige signaal van de zender) zoveel mogelijk nuttig signaal te halen wordt de sinus eerst geclampt op de nul. Clampkring C7-D2 zorgt ervoor dat de negatieve toppen van de sinus samenvallen met de nul, zodat het signaal volledig positief verloopt en de daaropvolgende top-detector D3-C8 écht de volledige top-top-waarde van de sinus kan gelijkrichten. Via zenerdiode D4 wordt het gelijkgerichte signaal aangeboden aan de basis van transistor T1. De zenerdiode is tussengeschakeld om een storingsdrempel te creëren. De transistor kan eerst geleiden als er tenminste 3,5 V over afvlakcondensator C8 staat.

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort



Figuur 4/14.62-8: Het schema van de IR-ontvanger.

Weliswaar wordt daardoor de gevoeligheid en dus de reikwijdte van het systeem nadelig beïnvloed, voordeel is dat de schakeling minder snel aanspreekt op smalle stoorpulsjes. Deze zijn immers niet in staat de elco tot de genoemde drempelwaarde op te laden. Als de afstandsbediening in een omgeving wordt gebruik waar weinig kans bestaat op stoorsignalen kan men de gevoeligheid opvoeren door de zener te vervangen door een Si-diode (1N4148) met de anode aan C8 en de kathode aan de basis van T1. Op het moment dat een signaal met voldoende grootte wordt gedetecteerd zal transistor T1 gaan geleiden. Het gevolg is dat de basissturing van T2 wegvalt en deze transistor naar sper gaat. De kortsluiting over condensator C9 wordt opgeheven, dit onderdeel wordt via weerstand R12 opladen tot de voedingsspanning. Dit vertragend RC-netwerkje is de tweede storingsbarrière. De spanning over de condensator stijgt in ongeveer één seconde tot de helft van de voedingsspanning. Dit feit wordt gedetecteerd door comparator IC3. De inverterende ingang van deze op-amp staat via R14 en R15 ingesteld op de helft van de voeding en zolang de spanning over de condensator kleiner is dan deze waarde zal de uitgang van de op-amp nul zijn. Nadat de ontvanger gedurende één seconde het 1 kHz signaal van de zender heeft gedetecteerd wordt de spanning op de niet-inverterende ingang van IC3 groter dan de halve voeding, de comparator klapt om en de uitgang wordt positief. Terugkoppelweerstand R16 voert een kleine hysteresis in, zodat het omschakelmoment goed gedefinieerd is. De positieve flank op de uitgang van de op-amp triggert de klokingang van flip-flop IC4. Deze schakeling klapt dus om als men langer dan één seconde op de zenderknop drukt en het signaal op de Q-uitgang wordt gebruikt om de triac aan of uit te sturen.

De schakeltrap en voeding

Waarmee wij zijn aanbeland in het schema van figuur 4/14.62-9, de schakeltrap en voeding van de ontvanger. Uit veiligheidsoverwegingen wordt de triac niet rechtstreeks uit de uitgang van de flip-flop gestuurd, maar via een optische koppelaar van het LED/triac-type. Via een kleine printtrafo en een standaard gelijkrichtschakeling wordt de +12 V voeding voor de schakeling gefabriceerd.

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

ONDERDELENLIJST IR-ONTVANGER EN VOEDING

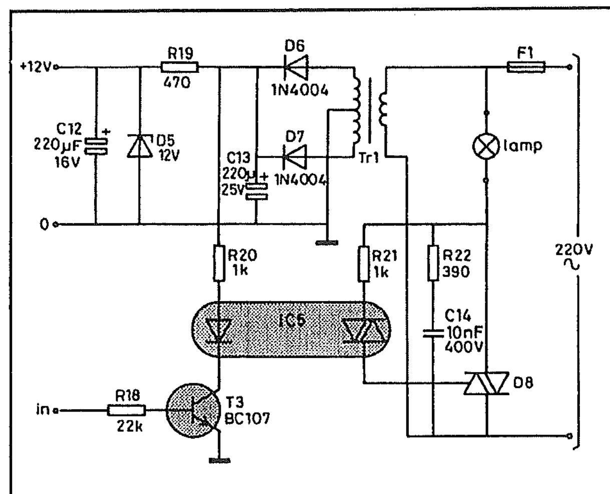
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R18	22 Ω	
R17	100 Ω	
R22	390 Ω	
R19	470 Ω	
R20,R21	1 kΩ	
R11,R12	22 kΩ	
R13	100 kΩ	
R14,R15	470 kΩ	
R16	10 MΩ	
CONDENSATOREN		
C14	10 nF	MKH
C7,C10,C11	100 nF	MKH
C8	1 µF	16 V printelco
C9	22 µF	16 V printelco
C12	220 µF	16 V printelco
C13	220 µF	25 V printelco
HALFGELEIDERS		
D2,D3	1N4148	
D4	zenerdiode, 2,7 V, 400 mW	
D5	zenerdiode, 12 V, 400 mW	
D6,D7	1N4004	
D8	triac, 400 V, 3 A	
T1,T2	BC107	
IC3	CA3140 mini-DIL	
IC4	CD4013B	
IC5	LED/triac-koppelaar, 400 V, 100 mA	
DIVERSEN		
1 x	printtrafo, 2 x 12 V, 2 x 60 mA	
1 x	U-vormig koelplaatje voor TO-220	
2 x	printkroonsteentje, 5 mm	
1 x	IC-voetje, 8 pennen	
1 x	IC-voetje, 14 pennen	
1 x	printzekeringhouder	
1 x	3 A zekering	
3 x	printsoldeerlipje	
1 x	kastje met netsteker en stopcontact	

Bouw van de ontvanger

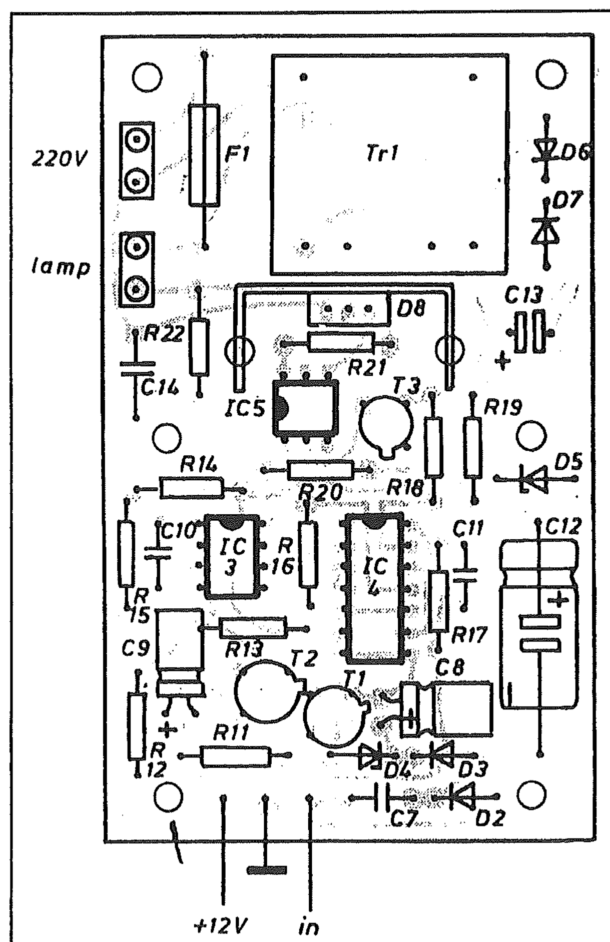
De afmetingen van de print van figuur 4/14.62-2c zijn op maat gesneden voor inbouw in een - alweer merkloos - kastje met aangebouwde netsteker en stopcontact met randaarde.

Bovendien zijn de bevestigingsgaatjes zo aangebracht dat het kleine printje van de IR-versterker boven de ontvanger-print kan worden gemonteerd. Figuur 4/14.62-10 geeft de componentenopstelling.

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort



Figuur 4/14.62-9: Het schema van de schakeltrap en de voeding.



Figuur 4/14.62-10: De componentenopstelling van de schakelprint.

Voor de transformator werd gezocht naar een miniatuur uitvoering die goed verkrijgbaar is. Daar zijn wij aardig in geslaagd, in diverse catalogi werden niet minder dan vier exemplaren ontdekt die 2 x 12 V en 2 x 60 mA leveren en die zonder problemen op de print passen:

- Amroh, type 3124-2.
- Block, type TE 1212.
- Spitznagel, type SPK 2215/12/12.
- Manudax, type 2-220-12-12.

Thyristor D8 wordt staand op een klein U-vormig koelplaatje bevestigd en nadien in de print gesoldeerd.

Het afregelen

Op de eerste plaats moeten de printjes van de IR-versterker en -ontvanger tot een werkend geheel worden samengebouwd. De ontvanger wordt op de bodem van het kastje gemonteerd, de versterker torent zo hoog boven de ontvanger uit dat de IR-diode precies in het gaatje past dat in de kap van de behuizing is geboord. Let op het afschermingsplaatje onder de versterkerprint! Natuurlijk kan men het geheel ook op een iets traditionelere manier inbouwen in een waterdicht en ruimer kastje dat naast de garagepoort wordt gemonteerd als men het systeem daarvoor wil gaan toepassen. Zet de loper van R7 in de middenstand, sluit de schakeling aan op het net en meet met behulp van een oscilloscoop het signaal op de uitgang van de versterker. Negen kansen op de tien zal de schakeling oscilleren, hetgeen zich uit in een vervormde sinus op dit meetpunt. Verdraai de loper tot de schakeling net uit oscillatie is. Hou de zender in de buurt van de IR-diode, druk op de knop en observeer of de schakeling de pulsen van de zender ontvangt en versterkt. Let nu goed op of de schakeling toch weer niet gaat oscilleren na het loslaten van de druk-

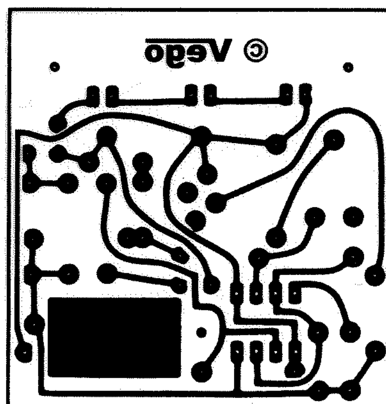
14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

knop. Is dat het geval, dan moet men R7 iets minder kritisch instellen. Druk nu weer op de knop van de zender en richt de IR-LED's zodanig op de ontvanger dat het signaal op de uitgang van de versterker niet vastloopt. Verdraai de loper van instelpotentiometer R2 in de zender tot het signaal op de uitgang van de versterker minimaal is. Zou de versterker vastlopen, dan moet men de zender verder van de ontvanger afhouden of de LED's richten op een punt naast de IR-diode.

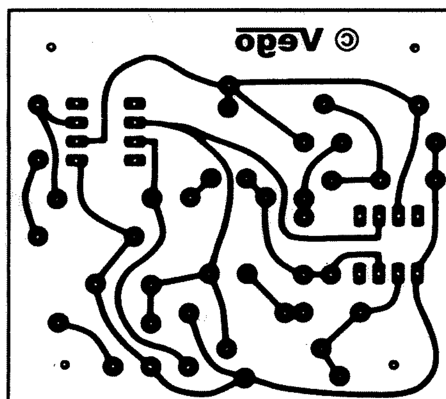
De frequentie van de zender is nu gelijk aan de resonantiefrequentie van het filter in de ontvanger waardoor een maximale reikwijdte wordt gegarandeerd. Denk er aan dat het verdraaien van R7 van de versterker een verschuiving van de resonantiefrequentie van het filter tot gevolg heeft en dat men dus na iedere instelling van R7 de beschreven procedure moet herhalen. Als alles goed is moet men afstanden tussen de zes en acht meter zonder problemen kunnen overbruggen.

14.62 Infrarode afstandsbediening voor de garagepoort

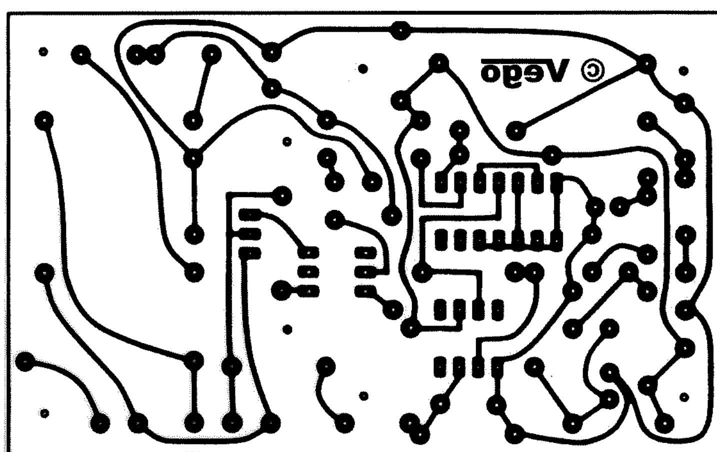
a



b



c



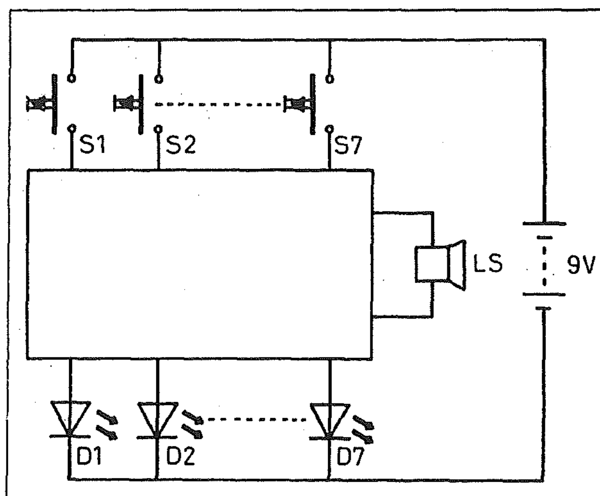
Figuur 4/15.18-2: De print van de schakeling

4/14.63

Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten

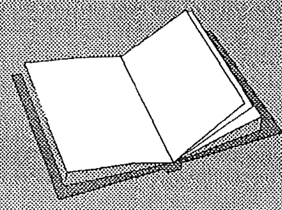
Inleiding
Kleine kinderen zijn dol op knopjes, lampjes, toeters en bellen. Die ontdekkingstocht door een wereld vol nieuwe dingen is op zich natuurlijk best leuk en noodzakelijk, maar frustrerend is wel dat TV, tuner, recorder, computer, printer en al wat glimt en blinkt niet meer veilig is op de vanouds gegroeide vaste plek in huis.
Er zijn maar twee mogelijkheden: ofwel alles opruimen en ophangen aan het plafond, ofwel als een veldwachter voortdurend achter het kind aanrennen met de blik op boos en het woord "nee" voorgevormd op de lippen.
Men kan het kind natuurlijk ook dag en nacht naar "Cartoon Network" laten kijken, maar psychologen beweren dat dit niet zo goed is voor de ontwikkeling van de kinderziel.
Dit elektronische "zoethoudertje" is ontwikkeld als alternatief: het biedt alles wat interessant is voor een kind van 1 á 2 jaar: glanzende, kleurige knopjes, gekleurde LED'jes die opflitsen als er op de knopjes wordt gedrukt en een toetertje waar mooie toontjes uitkomen, als beloning voor het drukken op knopjes.

Het blokschema van het apparaatje
Het blokschema van figuur 4/14.63-1 geeft een algemeen overzicht van de elektronica in dit "zoethoudertje". De basis wordt gevormd door zeven drukknopjes S1 tot en met S7. Als op een van de knopjes wordt gedrukt, flitst een van de LED's D1 tot en met D7 even heel fel op. Zolang de drukknop ingedrukt blijft, zal een ingebouwd luidsprekertje bovendien een toontje in het frequentiegebied van 200 Hz tot ongeveer 600 Hz laten horen.

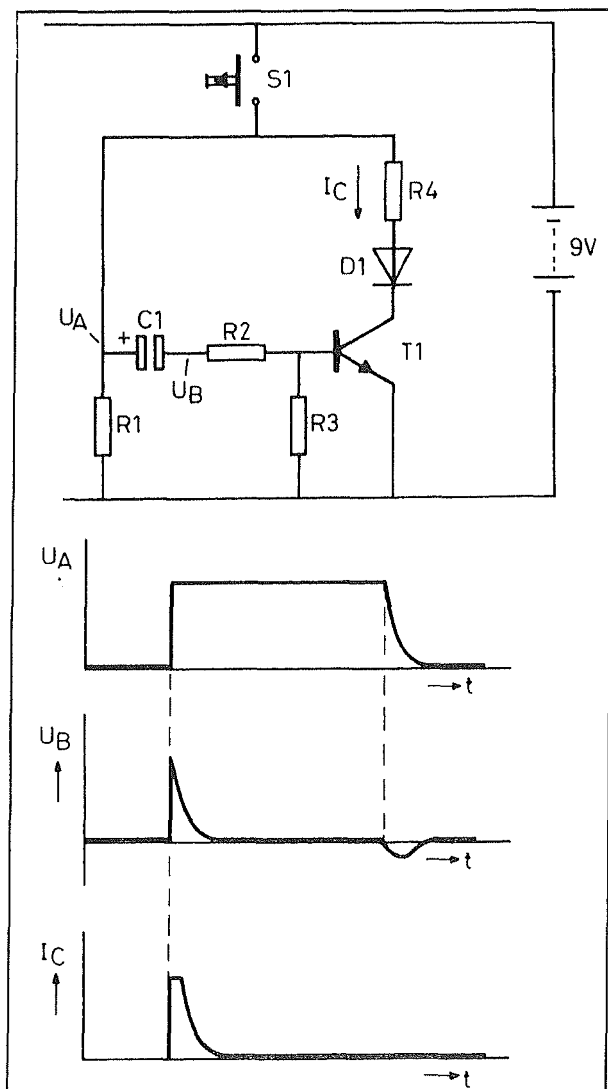


Figuur 4/14.63-1: Het blokschema van het peuterspeeltje.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/2.10
Hoofdstuk 4/2.20



14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten



Figuur 4/14.63-2: Het praktisch schema van de aansturing van de LED's.

Het lichteffect

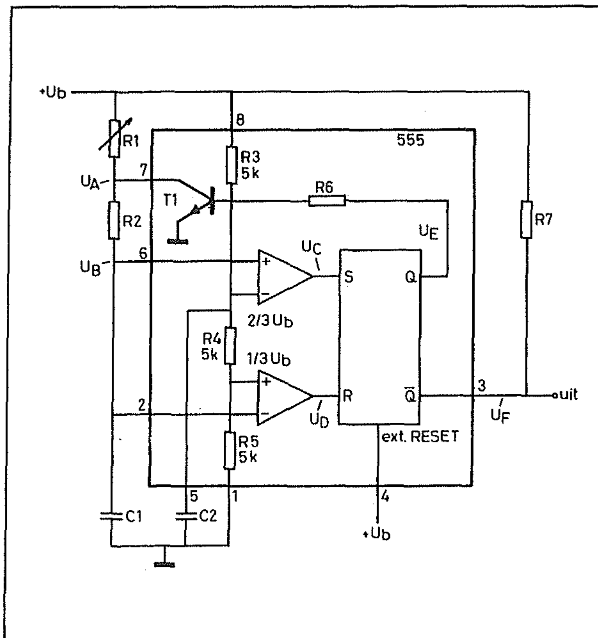
LED's zijn uitmuntende voortbrengselen van de moderne elektronische technologie, maar hebben (nog) één groot nadeel: de uitgestraalde lichtintensiteit, is nu niet zo denderend groot. Voor indicatiedoeleinden prima, maar om de aandacht van een kind te trekken: ho maar!
Het ligt voor de hand gebruik te maken van gekleurde miniatuur gloeilampjes. Echter, veiligheidsoverwegingen hebben de ontwerper hiervan afgebracht. Kinderen proppen immers alles in hun mond, dus ook dit zoethoudertje. Het idee dat er ooit een glazen lampje stukgebeten zou kunnen worden (lamphoudertjes zijn ook door kleine kinderen zo gesloopt!) schrok de ontwerper nogal af. Vandaar dat toch is gekozen voor onverwoestbare LED's, zij het volgens een ongebruikelijk systeem aangestuurd. Normaliter wordt een LED door middel van een serieweerstand gevoed uit een gelijkspanning, zodat er een constante stroom door het onderdeel loopt. Deze continustroom mag bij de meeste types niet hoger zijn dan 20 mA tot 35 mA. Met deze stroom komt een bepaalde lichtintensiteit overeen, die te laag is voor onze toepassing. Wat ligt er dan meer voor de hand dan de LED even aan te sturen met een forse stroompiek, veel hoger dan de continu waarde, zodat de halfgeleiderlamp even heel fel oplicht? Dit systeem heeft bovendien als voordeel dat het batterijtje (want uiteraard wordt kinderspeelgoed alleen maar uit een ongevaarlijk 9 V batterijtje gevoed) langer meegaat. Het schemaatje is getekend in figuur 4/14.63-2. De voedingsspanning wordt door middel van de drukschakelaar S1 verbonden met het basis-netwerk R1, R2, R3 en C1. Als men op de knop drukt, dan verschijnt plotseling de volle voedingsspanning over weerstand R1. C1 en de weerstanden R2 en R3 vormen een differentiator, die de plotse positieve spanningssprong doorkoppelt. Op punt B ontstaat dus een positief spanningspiekje van 9 V, met een tijdsduur afhankelijk van de waarden van C1, R2 en R3. Deze positieve spanningssprong stuurt de transistor T1 even in verzadiging. De collector komt aan de massa te liggen, er vloeit een stroom Ic door de LED, waarvan de waarde wordt bepaald door de grootte van R4. Na enige tijd gaat de transistor sperren, de

14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten

LED dooft. Als men de drukknop loslaat, gaat de spanning op punt A zich ontladen door de drie weerstanden. Als de condensator volledig is ontladen is het systeem weer in rust en klaar voor het verwerken van de volgende druk op de knop.

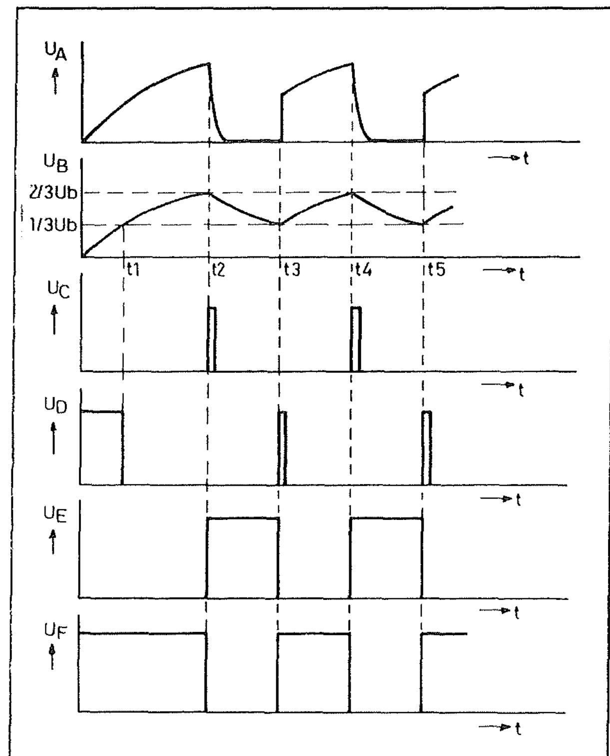
Het geluidseffect

Het orgeltje is opgebouwd rond het bekende timer-IC 555. Het schema is getekend in figuur 4/14.63-3, de werking wordt grafisch toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 4/14.63-4.



Figuur 4/14.63-3: Het principeschema van de toongenerator.

In het IC zitten twee comparatoren, die de spanning over de condensator C1 vergelijken met respektievelijk 1/3 en 2/3 van de voedingsspanning. De comparatoren sturen de set en reset van een flip-flop. De Q-uitgang van deze schakeling stuurt een transistor T1 al of niet in geleiding. De uitgang van de schakeling wordt afgetakt van de inverse uitgang ($\overline{Q}$) van de flip-flop. De flip-flop reageert op positieve pulsen op de set en reset. Bij het aanleggen van de voedingsspanning is de spanning over de condensator C1 uiteraard gelijk aan nul. Deze spanning komt via aansluiting 2 van het IC op de negatieve ingang van de onderste comparator. De positieve ingang van deze schakeling staat via de (interne) spanningsdeler R3-R4-R5 op een spanning van 1/3 Ub. De positieve ingang van de comparator is positiever dan de negatieve, de uitgang van de comparator is positief, de reset van de flip-flop stuurt de Q-uitgang naar nul.



Figuur 4/14.63-4: De timingdiagrammen van de schakeling van figuur 4/14.63-3.

Transistor T1 spert. Er vloeit nu een laadstroom door de weerstanden R1 en R2, waardoor de spanning over de condensator langzaam gaat stijgen. Op tijdstip t1 wordt de condensatorspanning gelijk aan de 1/3 Ub-drempel van de onderste com-

14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten

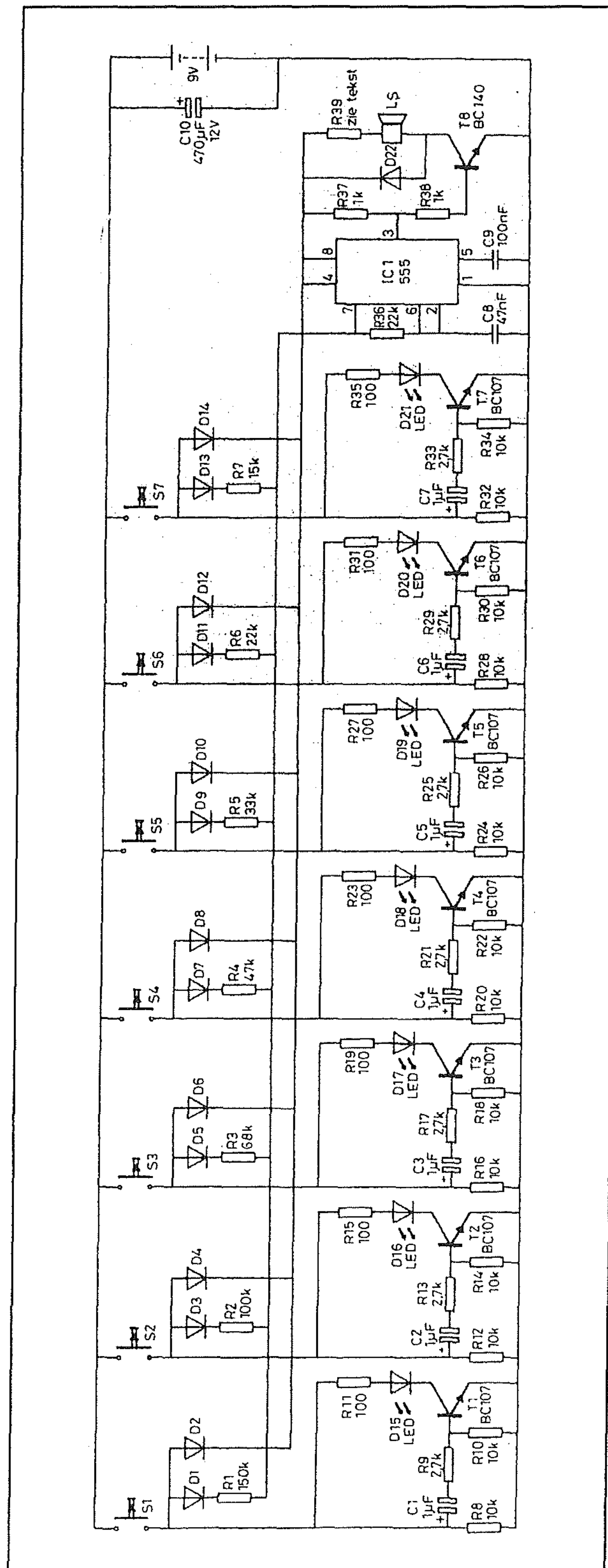
parator. De negatieve ingang van deze schakeling wordt positiever dan de positieve ingang, de uitgang klapt om en wordt nul. De reset van de flip-flop volgt, maar deze sprong heeft geen gevolgen voor de flip-flop. De schakeling reageert alleen op positieve pulsen! De condensator laadt verder op.

Op tijdstip t2 wordt de spanning gelijk aan 2/3 van de voedingsspanning. Comparator 1 slaat nu om, want de spanning op zijn positieve ingang wordt groter dan de spanning op de negatieve ingang. De positieve setpuls doet de flip-flop reageren: de Q-uitgang wordt hoog, transistor T1 wordt open gestuurd en ontlaadt de condensator via weerstand R2. De spanning over de condensator gaat dalen. Op tijdstip t3 overschrijdt de condensatorspanning het omklappunt van COMP-2. De positieve uitgangspuls van deze schakeling reset de flip-flop. Transistor T1 gaat naar sper, de condensator kan weer opgeladen worden via R1 en R2. Besluit: over condensator C1 ontstaat een soort driehoeksspanning, variërend tussen 2/3 Ub en 1/3 Ub.

Op de uitgangen van de flip-flop kan men een rechthoekspanning aftakken. De frequentie van dit signaal wordt bepaald door de laad- en ontlaadtijden van condensator C1. De weerstand R7 is noodzakelijk, omdat de Q-uitgang van de flip-flop een open-collector uitgang heeft en via een extern aan te sluiten weerstand met de voedingsspanning moet worden verbonden.

Het volledig schema

Figuur 4/14.63-5 geeft het volledig schema van het apparaatje. De ontwerper is uitgegaan van zeven drukknoppen, maar in principe kan dit aantal uiteraard tot in het oneindige worden uitgebreid.



Figuur 4/14.63-5: Het volledig schema van het kinderspeeltje.

14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten

De positieve pool van de 9 V batterij is alleen via de drukknoppen met de schakeling verbonden. In rust, als er niet met het apparaatje wordt gespeeld, wordt de batterij dus niet belast. Een afzonderlijke aan-uit schakelaar is dus niet noodzakelijk.
Dat heeft wel tot gevolg, dat men door het indrukken van een schakelaar drie dingen moeten verzorgen:

- de voedingsspanning voor de schakeling rond het 555 IC en de daarop aangesloten luidspreker;
- de voedingsspanning voor de bij de toets horende LED-schakeling;
- de frequentie-bepalende onderdelen voor de 555-timer.

Dat kan men combineren, als men een aantal scheidings-dioden in het geheel opneemt. Stel, men drukt toets S7 in. De anode van diode D14 wordt verbonden met de positieve voedingsspanning, het onderdeel gaat geleiden en zet de voedingslijn voor de timer en de luidspreker onder spanning. Diode D13 gaat ook geleiden.
Condensator C8 van de frequentiebepalende onderdelen van de 555-timer wordt opgeladen via de weerstanden R7 en R36 en ontladen via R36. Zoals uit het schema blijkt, hoort bij iedere schakelaar een "R7" met een andere waarde. De weerstandswaarde loopt op van 15 kΩ tot en met 150 kΩ, hetgeen een toontje oplevert tussen 200 Hz en 600 Hz. De uitgang van de 555-timer stuurt via weerstand R38 een BC140. Deze zorgt voor de noodzakelijke stroomversterking voor het luidsprekertje. In serie met de speaker is een weerstand R39 opgenomen. De waarde van die weerstand hangt af van de impedantie van de gebruikte luidspreker. Gebruikt men een miniatuur 150 Ω speakertje, dan kan deze weerstand vervallen. Werkt men echter met een 8 Ω toetertje, dan moet deze weerstand minstens 47 Ω bedragen. Als men minder herrie wil, verhoogt men deze weerstand tot 150 Ω.

De bouw van de schakeling

Het printje van figuur 4/14.63-6 op de transparante pagina herbergt (op de drukknopjes na) alle onderdelen. De bouw van de print volgt uit de componentenopstelling van figuur 4/14.63-7. De LED's kunnen door middel van afstandsbusjes (kunststof!) rechtstreeks op de print worden gesoldeerd, zoals uit figuur 4/14.63-8 volgt.
De elco C10 wordt aan de koperzijde van de print over de voedingsaansluitingspennen gesoldeerd en parallel aan de print gebogen. Het geheel kan in een klein kunststof kastje worden ingebouwd, waarbij de print met 20 mm afstandsbusjes op de frontplaat wordt gemonteerd en de batterij en de luidspreker een plaats vinden op de bodem van het kastje. Bij het prototype werd gebruik gemaakt van een transparant diepvriesbakje, te koop in de supermarkt, waarbij alle onderdelen dus zichtbaar blijven en het geheel een voor een kind nieuwsgierigheid wekkend geheel wordt.
Gebruik voor de drukknop-schakelaars niet de bekende goedkope Japanse dingetjes. Deze schakelen niet zo erg goed, vaak moet men tamelijk hard drukken, wat voor een klein kind problematisch kan zijn. Gebruik daarom de dure, maar zeer goede en duidelijk voelbaar schakelende modellen 9400 van APR waarvoor knopjes in verschillende kleuren leverbaar zijn. Lijm de knopjes met tien seconde lijm muurvast op het asje! De knopjes kunnen anders te gemakkelijk worden losgerukt en zien er dan uit als aantrekkelijke en smakelijke snoepjes!

14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5%

R11,R15,R19,R23,R27,R31,R35	100 Ω
R37,R38	1 kΩ
R9,R13,R17,R21,R25,R29,R33	2,7 kΩ
R8,R10,R12,R14,R16,R18,R20 R22,R24,R26,R28,R30,R32,R34	10 kΩ
R7	15 kΩ
R6,R36	22 kΩ
R5	33 kΩ
R4	47 kΩ
R3	68 kΩ
R2	100 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7	1 µF	16 V printelco
C8	47 nF	MKH
C9	100 nF	MKH
C10	470 µF	16 V printelco

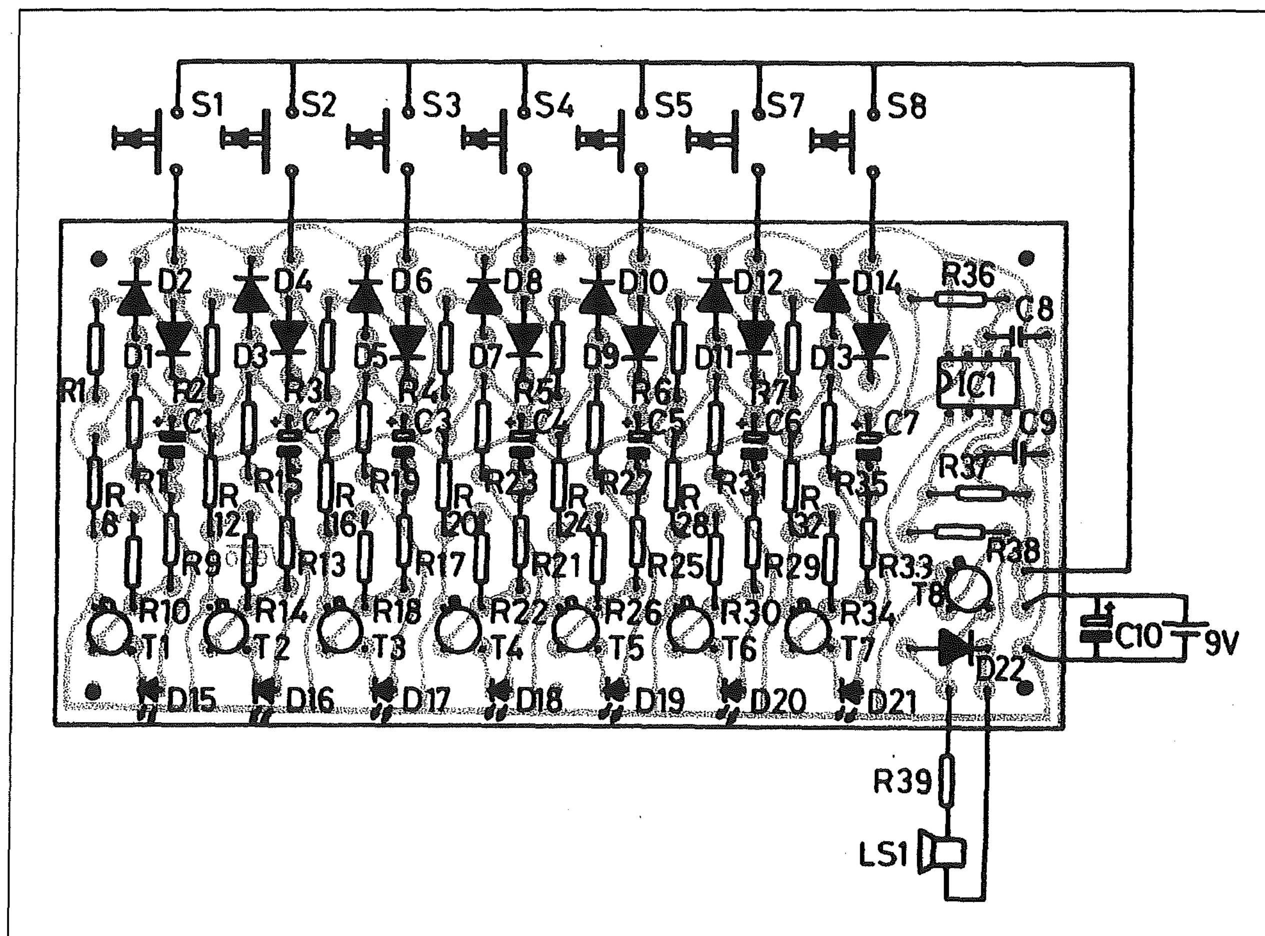
HALFGELEIDERS

D1 - D14,D22	1N4148
D15 - D21	LED, 5 mm
T1 - T6	BC107
T8	BC140
IC1	555 mini-DIL

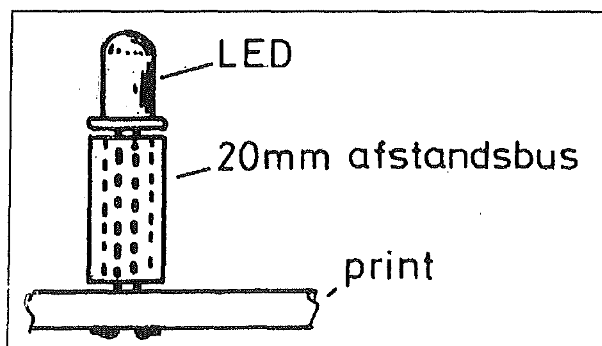
DIVERSEN

7	miniatuur drukknoppen
1	1 W luidspreker
1	9 V batterij
1	clip voor 9 V batterij
12	printsoldeerlipje
7	kunststof afstandsbusje, 20 mm

14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten

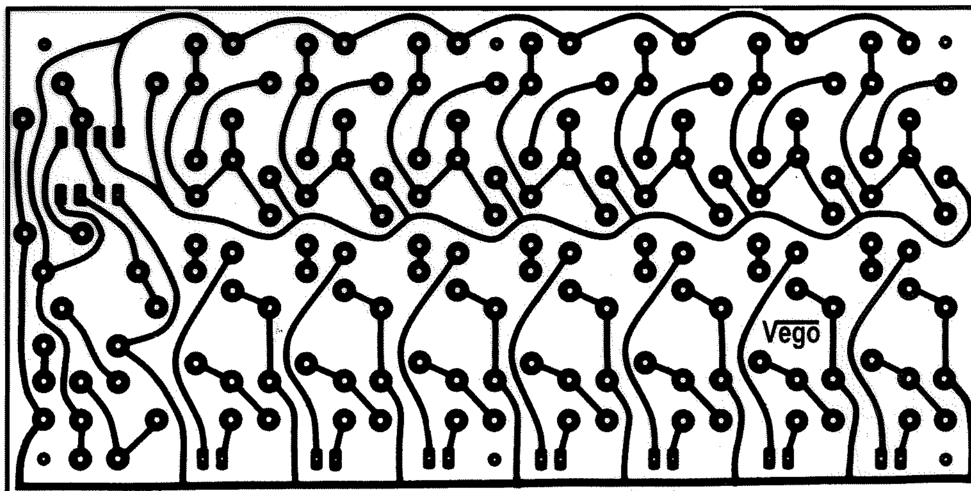


Figuur 4/14.63-7: De componentenopstelling van de schakeling.



Figuur 4/14.63-8: Montage van de LED's op de print.

14.63 Peuterspeeltje met licht- en geluidseffecten



Figuur 4/14.63-6: De print voor de schakeling.

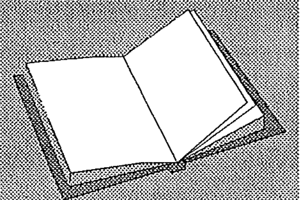
4/14.64
Babyfoon alarm via de telefoonlijn

Inleiding
Een bekende situatie in een doorsnee jong gezin. De man heeft een baan, de vrouw zorgt voor de kleine kinderen. Even koffie drinken bij de buurvrouw of een in de buurt wonende vriend of vriendin staat of valt met de slaaptijden van de baby. Als de baby wakker is kan hij mee op bezoek, als het kind echter besluit een dutje te gaan doen zullen maar weinig opvoeders het over hun hart krijgen het wakker te maken om de koffieafspraak te kunnen nakomen. In principe zou men natuurlijk best wel even de deur uit kunnen, maar de praktijk leert dat er slechts weinig mensen zijn die met een gerust hart de deur uitgaan, al is het maar naar de buren, als er thuis een baby ligt te slapen.

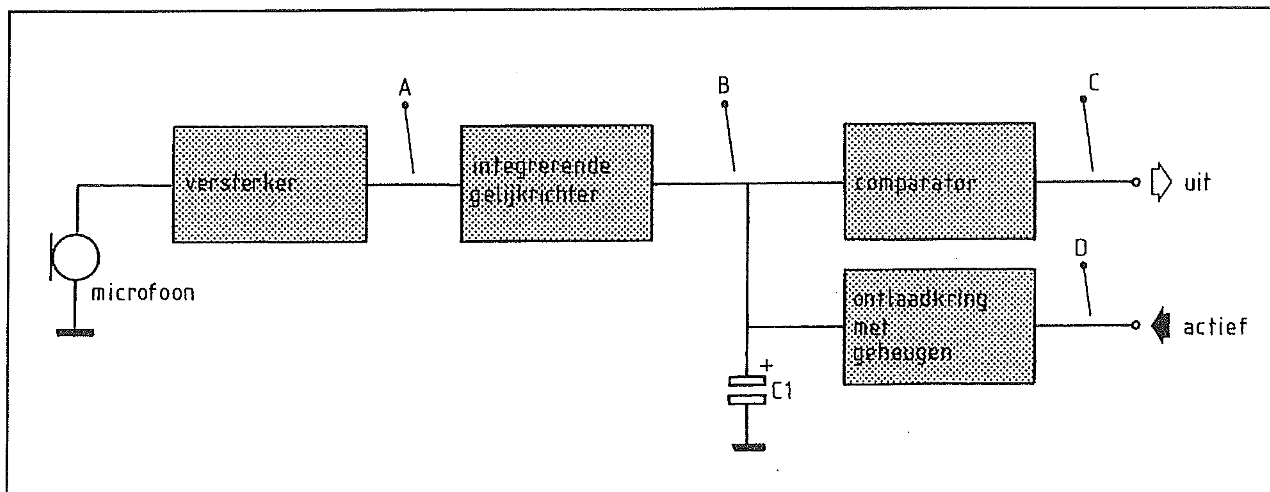
De telefoon als alarm
Het in hoofdstuk 4/14.52 beschreven automatische telefoonalarm vormt een ideale basis voor het maken van een telefonische babysit. Het enige dat nodig is, is een kleine schakeling die aangesloten wordt op een microfoontje en een positieve puls afgeeft als de baby wakker wordt en begint te huilen. De positieve puls triggert de alarmschakeling uit hoofdstuk 4/14.52, de met deze schakeling verbonden telefoon draait automatisch het nummer van de buren of vriend(in) en men weet dat de baby wakker is en het tijd wordt om even thuis te gaan kijken.

Blokschema van de schakeling
Uiteraard is het niet de bedoeling dat de schakeling een triggerpuls afgeeft als er een vliegtuig overvliegt! In het apparaatje moet een schakeling aanwezig zijn, die berekent hoe lang achter elkaar er geluiden door de microfoon worden opgepikt en slechts na ontvangst van een vrijwel aanhoudend geluid gedurende een bepaalde tijd het alarm triggert.
Het blokschema, getekend in figuur 4/14.64-1, bevat na de onontbeerlijke microfoonversterker een integrerende gelijkrichter. Deze schakeling zal de uitgangsspanning van de versterker omzetten in een gelijkspanning, waarvan de grootte niet zozeer afhankelijk is van het volume van het geluid, maar van de tijd dat het geluid aanhoudt.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.2
Hoofdstuk 3/20.3
Hoofdstuk 4/14.52

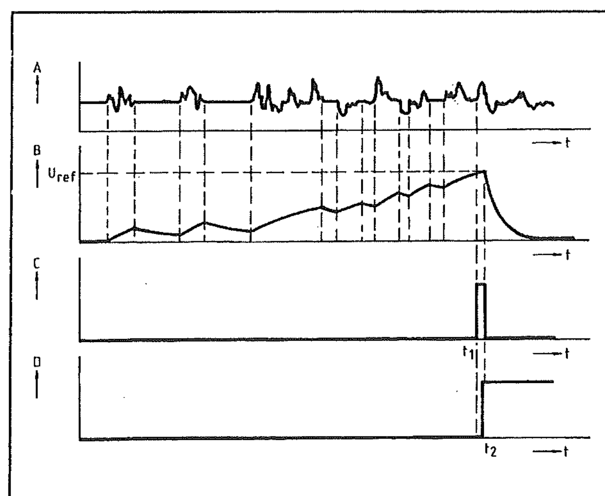


14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn



Figuur 4/14.64-1: Het blokschema van de schakeling.

Als er af en toe een geluidspulsje wordt ontvangen (signaal A in figuur 4/14.64-2) zal de spanning over de op de integrerende gelijkrichter aangesloten condensator (signaal B) even stijgen om nadien weer langzaam te gaan dalen. Als de baby echter een huilconcert inzet zullen er vele geluidspulsjes kort achter elkaar worden ontvangen. De condensator laadt langzaam op en hoewel het geluid uiteraard af en toe even wegvalt - het kind moet tenslotte ook nog adem halen! - zal de condensator meer laden dan ontladen. De spanning blijft dus stijgen totdat op tijdstip t1 de condensator opgeladen is tot de referentiespanning van een comparator. Deze klapt om, zijn uitgang gaat van laag naar hoog en deze positieve sprong triggert de ingang van de alarmschakeling.
Even later, op tijdstip t2, genereert de alarmschakeling een positieve spanning op de ACTIEF uitgang. Deze spanning stuurt een ontlaadkring met geheugen, waardoor de condensator ontladen wordt en in deze toestand blijft totdat de schakeling wordt afgezet. Op deze manier wordt voorkomen dat de schakeling om de minuut het geprogrammeerde nummer gaat opbellen.

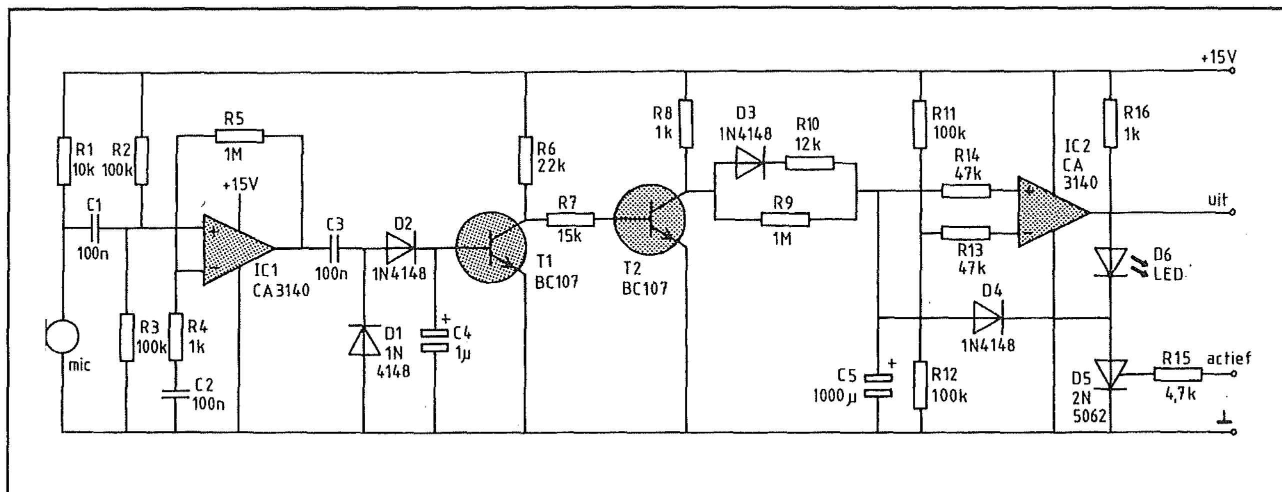


Figuur 4/14.64-2: Tijddiagram van de schakeling.

Het praktisch schema

Het praktisch schema van de telebabysit is getekend in figuur 4/14.64-3.
Als microfoon wordt een klein elektret microfoontje gebruikt, dat via een voorschakelweerstand R1 met de positieve voedingsspanning verbonden moet worden.

14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn



Figuur 4/14.64-3: Het praktisch schema van de schakeling.

Het heeft geen zin een typenummer te vermelden, dergelijke microfoontjes zijn in alle mogelijke uitvoeringen verkrijgbaar. Bij het prototype werd een microfoontje gebruikt dat was overgebleven na het slopen van een "vijftien gulden telefoon", een slachtoffer van de experimenten die noodzakelijk waren voor het schrijven van hoofdstuk 4/14.52.

De spanning over de microfoon wordt via scheidingscondensator C1 aangeboden aan de niet-inverterende ingang van de operationele versterker IC1. Deze is ingesteld als niet inverterende versterker met een spanningsversterking van 1.000. Deze factor wordt bepaald door de terugkoppeling tussen de uitgang van het IC en de inverterende ingang.

Omdat er slechts één voedingsspanning ter beschikking staat moet de versterker ingesteld worden op de helft van de voedingsspanning. Dit wordt aan de niet-inverterende ingang verzorgd door de weerstanden R2 en R3. Omdat de inverterende ingang op dezelfde instelspanning moet staan wordt er in de terugkoppeling een seriecondensator C2 opgenomen. Deze heeft tot gevolg dat de inverterende ingang voor gelijkspanning rechtstreeks gekoppeld is met de uitgang en de schakeling dus nauwelijks last heeft van offset. Het signaal op de uitgang van de versterker is gesuperponeerd op een gelijkspanning van ongeveer +7,5 V. Signaal en instelspanning worden van elkaar gescheiden door de onderdelen C3 en D1. Deze vormen een clampkring, die de spanning over de diode niet meer dan -0,65 V negatief laat worden. Op deze manier wordt de wisselspanning van het versterkte audiosignaal omgezet in een positief variërende spanning. Deze positieve spanning wordt afgevlakt door middel van de diode D2 en de condensator C4.

De integrerende gelijkrichter is samengesteld uit de twee transistoren T1 en T2, de condensator C5 en de elementen R9, R10 en D3. Zonder signaal op de ingang zal transistor T1 niet geleiden. De basis van T2 wordt via R6 en R7 met de voeding verbonden. De tweede transistor wordt in verzadiging gestuurd en de collector wordt met de massa verbonden. Condensator C5 kan nu ontladen via de grote weerstand R9. Deze weerstand wordt door de geleidende transistor T2 immers parallel geschakeld over de condensator. Als de microfoon een geluid oppikt, zal er een

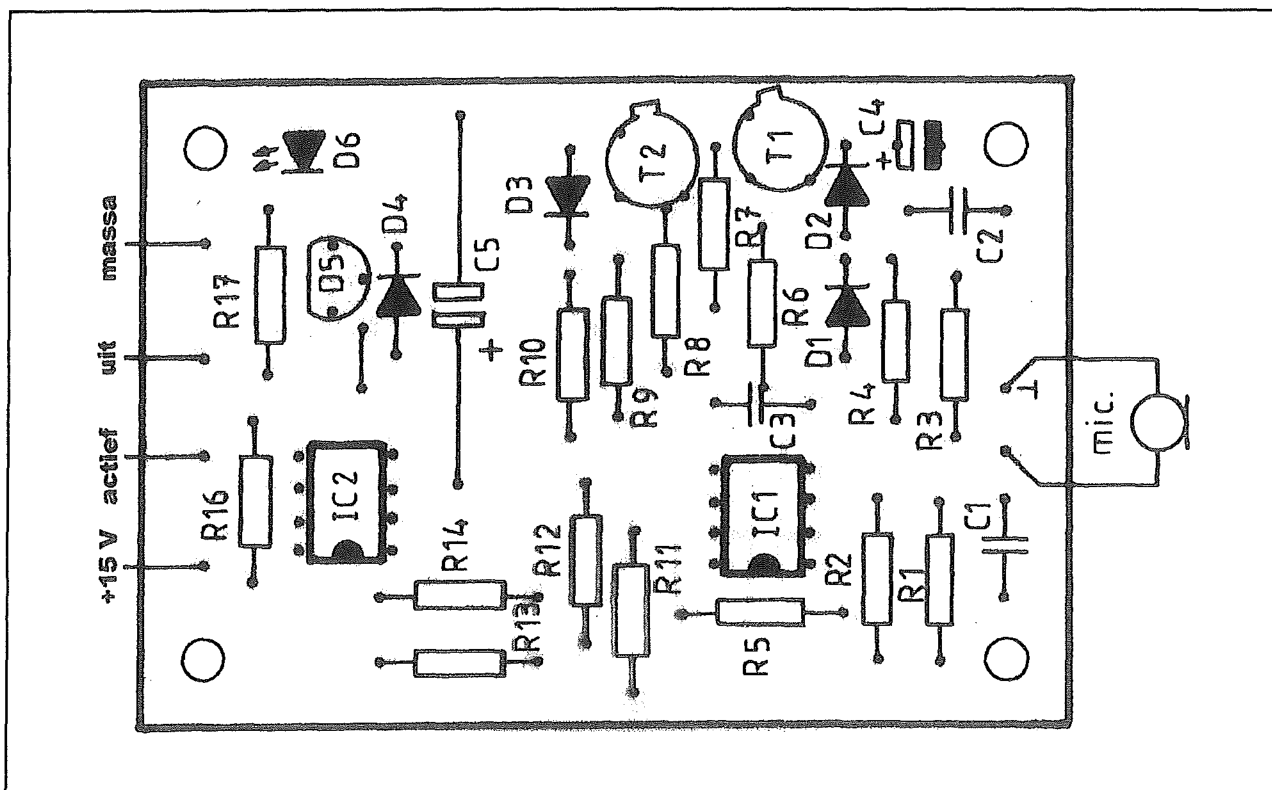
14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn

korte positieve puls verschijnen over condensator C4. Deze stuurt T1 in geleiding. De collector gaat naar nul, transistor T2 gaat sperren. De condensator C5 kan nu opladen uit de voeding via de weerstanden R8, R10 en de diode D3. De tijdconstante van de laadkring is veel kleiner dan deze van de ontlaadkring. De spanning over de condensator stijgt dus veel sneller dan dat zij daalt. Bij een continu geluid duurt het ongeveer 15 seconde alvorens de spanning over de condensator gestegen is tot de drempel van de daaropvolgende comparator. Bij een huilende baby, waarbij het geluid niet continu klinkt, zal het uiteraard iets langer duren voor de condensator zover opgeladen is. De opamp IC2 is op de bekende manier geschakeld als comparator door de inverterende ingang in te stellen op een vaste spanning en de te vergelijken spanning aan te bieden aan de niet-inverterende ingang. De twee instelweerstanden R11 en R12 zijn even groot, de drempel van de comparator is bijgevolg +7,5 V. Als de spanning over de condensator C5 gelijk wordt aan deze waarde zal de spanning op de niet-inverterende ingang van IC2 groter worden dan deze op de inverterende ingang. De uitgang van het IC gaat van laag naar hoog. Deze overgang wordt gebruikt om de alarmschakeling te triggeren.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	10 kΩ
R2,R3,R11,R12	1 kΩ
R4,R8,R16	1 kΩ
R5,R9	1 MΩ
R6	22 kΩ
R7	15 kΩ
R10	12 kΩ
R13,R14	47 kΩ
R15	4,7 kΩ
CONDENSATOREN	
C1,C2,C3	100 nF MKH
C4	1 µF 16 V printelco
C5	1.000 µF 16 V axiale elco
HALFGELEIDERS	
D1,D2,D3,D4	1N4148
D5	100 mA thyristor zoals 2N5062
D6	5 mm LED, rood
T1,T2	BC107
IC1,IC2	CA3140, mini-DIL
DIVERSEN	
1	elektret microfoon
12	IC-voetje, 8 pennen
1	kunststof afstandsbusje, 20 mm
6	printsoldeerlipje

14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn



Figuur 4/14.64-5: De componentenopstelling van de schakeling.

De condensator C5 wordt ontladen door een thyristor D5 uit het signaal ACTIEF te sturen. Als dit signaal positief wordt gaat de thyristor ontsteken. Er gaat stroom vloeien door R16 en de LED D6, de spanning op de anode van de thyristor daalt tot enige honderden millivolt. De + 7,5 V over de condensator C5 vloeit nu onmiddellijk af naar massa via de geleidende diode D4 en de ontstoken thyristor D5. De spanning valt terug tot ongeveer + 0,9 V. Omdat de thyristor stroom blijft trekken via de LED en de weerstand R16 zal het onderdeel blijven geleiden, ook als de spanning op ACTIEF wegvalt nadat het automatische alarm zijn cyclus heeft doorlopen. Ook als de baby blijft huilen zal de condensator C5 niet meer kunnen opladen, omdat iedere extra lading wegvloeit naar de massa via de geleidende D4 en D5.

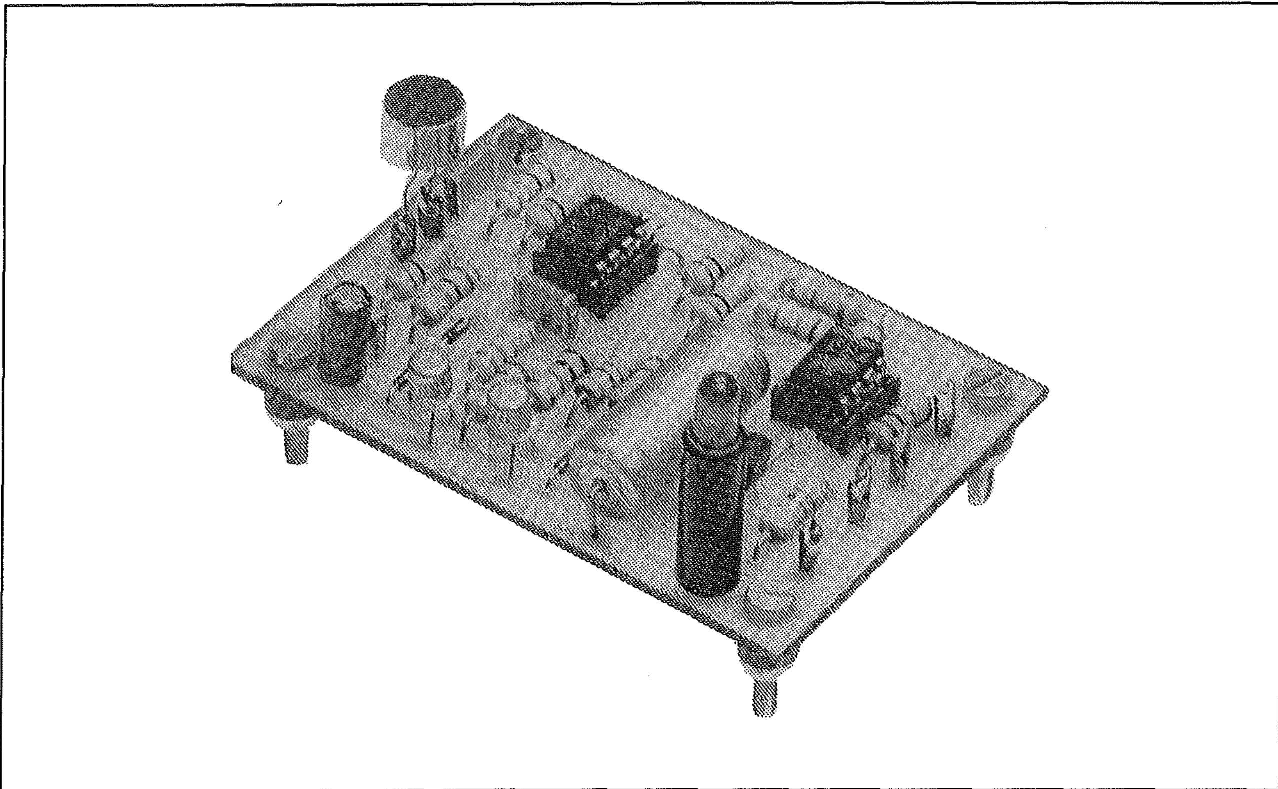
De bouw van de schakeling

De telebabysit wordt ondergebracht op de print van figuur 4/14.64-4, die dezelfde breedte heeft als de print van het automatische alarm uit hoofdstuk 4/14.52. Ook de vier aansluitlipjes op de rechterzijkant staan op dezelfde plaatsen als de identieke aansluitingen op de linkerzijkant van de alarmprint. Beide printen kunnen dus door het solderen van vier kleine draadjes tot één geheel samengebouwd worden. De onderdelenopstelling is getekend in figuur 4/14.64-5, figuur 4/14.64-6 geeft een idee hoe het prototype er uitziet.

Opmerkingen

De versterkingsfactor van de versterker is uiteraard afhankelijk van de eigenschappen van de toegepaste elektret microfoon.

14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn



Figuur 4/14.64-6: Het prototype van de schakeling.

Men kan deze factor vergroten of verkleinen door de waarde van de weerstand R5 te vergroten of te verkleinen.
Als de condensator C5 niet volledig ontladen is bij het inschakelen van de voeding zal er op de uitgang een smal positief pulsje verschijnen. Dit is een gevolg van het feit dat bij het inschakelen de inverterende ingang van de comparator even tijd nodig heeft om zich in te stellen op de drempelspanning. Een fractie van een seconde is de spanning op de niet inverterende ingang groter (de spanning over de niet volledig ontladen C5). De smalle uitgangspuls is breed genoeg om de automatische alarmschakeling te triggeren. In de praktijk zal men van dit schoonheidsfoutje geen last hebben, omdat de schakeling toch steeds maar eenmalig wordt gebruikt en de spanning over de condensator na het uitschakelen van de voeding in enige minuten van de + 0,9 V waarde bij alarmtriggering daalt tot nul.
De ontwerper van deze schakeling woont in een zeer rustig dorpje en tot overmaat van zaligheid in het laatste huis van een doodlopende straat. Er is dus nauwelijks omgevingsgeluid en in deze testomgeving voldoet de verhouding tussen de laad- en de ontlaadweerstanden van de condensator C5 uitstekend. In een omgeving met meer omgevingsgeluid zou het wel eens kunnen blijken dat deze verhouding niet goed is en dat voorbijrazende automobielen tot gevolg hebben dat de spanning over C5 ook zonder huilconcert langzaam stijgt tot de drempelspanning van de comparator. Men kan dit testen door een hoogohmige voltmeter (ingangsimpedantie minstens 10 MΩ) over C5 te han-

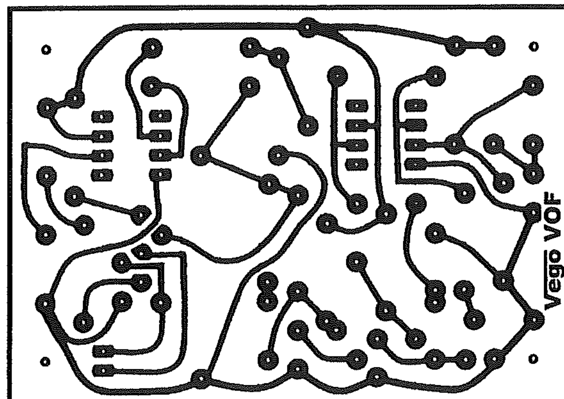
14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn

gen en de spanning gedurende lange tijd te observeren. Deze spanning mag "in stilte" stijgen tot ongeveer +4,5 V, maar moet zich nadien wel rond deze waarde stabiliseren. Stijgt de spanning langzaam maar zeker tot de +7,5 V drempel, dan moet de waarde van de ontlaadweerstand R9 iets verkleind worden.

Houdt er rekening mee dat de schakeling via de voeding met het net verbonden is! Zorg er dus voor dat de baby de microfoon nooit in handen kan krijgen!

14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn

14.64 Babyfoon alarm via de telefoonlijn



Figuur 4/14.64-4: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby/** en selecteert uit het hoofdmenu het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

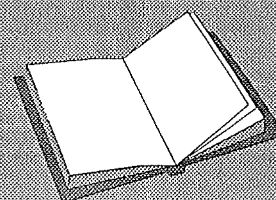
U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

4/14.65
Elektronische dobbelsteen

Principe van de schakeling
Er zijn al heel wat schakelingen van elektronische dobbelstenen in de elektronische vakbladen in binnen- en buitenland gepubliceerd. Het wonderlijke van de meeste ontwerpen is dat hun schepper allerlei min of meer ingewikkelde elektronische schakelingen en foefjes heeft uitgedacht om de elektronische dobbelsteen maar zoveel mogelijk op zijn traditionele soortgenoot te laten lijken. Dat is in feite net zo gek als al die schakelingen waarmee men een elektronische klok kan laten tiktakken, ding-dongen of koekoeken. Een elektronische klok of dobbelsteen is nu eenmaal niet vergelijkbaar wat opbouw betreft met de mechanische soortgenoten en mag er dus beslist anders uitzien! Vandaar dat bij het ontwerp van deze schakeling bewust gepoogd is het ontwerp zo eenvoudig mogelijk te maken door de aflezing door middel van zes lampjes uit te voeren. Ieder van die lampjes heeft een bepaald, bij het dobbelsteenspel horend, nummer.
Het principe van de schakeling is dus duidelijk: drukt men op een drukknop, dan gaan de zes lampjes zeer snel achtereenvolgens oplichten. Deze snelheid is zo groot dat het lijkt alsof alle zes lampjes gelijktijdig branden. Bij het loslaten van de drukknop zal de snelheid, waarmee de lampjes oplichten in ongeveer één seconde afnemen tot nul. Nadien brandt één lampje continu. De schakeling heeft dan het bij dit lampje horende cijfer "gegokt". Door weer op de drukknop te drukken wordt het procédé herhaald en zal hetzelfde, of waarschijnlijk een ander lampje oplichten.
Het gokelement bij een dergelijke schakeling zit in de hoge snelheid waarmee de lampjes oplichten. Als men op de drukknop duwt, zullen de lampjes niet minder dan 200 keer per seconde oplichten! Welk lampje uiteindelijk zal branden is dus volledig afhankelijk van het toeval, tenzij u door een kuis en ingetogen leven uw vingerspieren zó onder controle hebt dat u de drukknop tot op één tweehonderdste seconde nauwkeurig kunt indrukken!

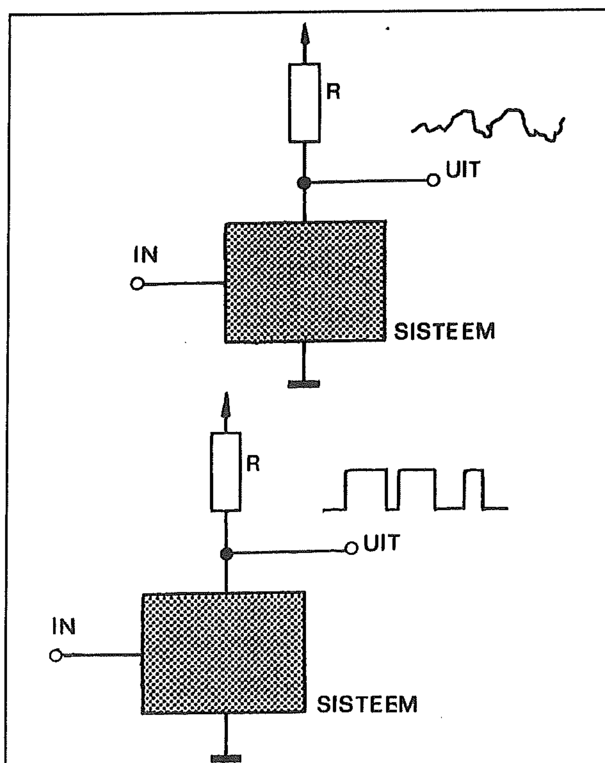
De digitale werking van de schakeling
Alvorens de werking van de schakeling te bespreken is het noodzakelijk enige woorden te wijden aan het elektronische principe waarop de schakeling drijft. In de

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/5.1.3
Hoofdstuk 6/5.1.4



14.65 Elektronische dobbelsteen

elektronica kent men twee grote principes, waarmee alle systemen werken, zie figuur 4/14.65-1. Het eerste is de analoge. In analoge schakelingen kunnen de spanningen en stromen in de schakeling alle mogelijke waarden tussen nul en maximum hebben. Een typisch voorbeeld van een analoge schakeling is een geluidsversterker. Het tweede principe is het digitale. In een digitale schakeling zal de spanning op een bepaald onderdeel er zijn of er niet zijn, om de woorden van de beroemde schrijver te gebruiken: het al of niet beschikbaar zijn van spanning op verschillende punten in de schakeling is bepalend voor wat de schakeling gaat doen. Als er bijvoorbeeld op twee punten spanning aanwezig is, zal een lamp gaan branden. Als de spanning op één van die punten wegvalt zal de lamp doven.



Figuur 4/14.65-1: Het verschil tussen een analoge en een digitale schakeling.

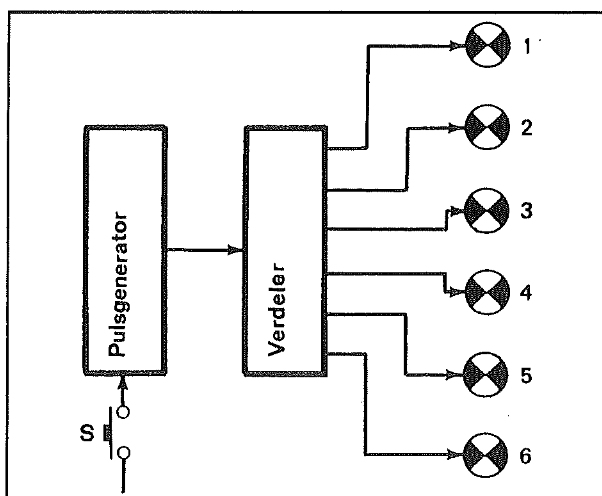
Het aanwezig zijn van spanning op een bepaald punt wordt aangeduid door de notatie "H". Men zegt dat de spanning op dat punt hoog is. Het afwezig zijn van spanning duidt men aan door de notatie "L" en men zegt dat dit punt laag is.
Een volgend kenmerk van de digitale schakeling is dat de werking van de schakeling wordt bevolen door spanningsovergangen van "H" naar "L" of vice versa. De werking van een digitale schakeling verloopt dus schoksgewijs: telkens als er een spanning omschakelt, zal de schakeling "iets" ondernemen. Dit omschakelen van de spanning van "H" naar "L" en omgekeerd noemt men een puls.
Gewapend met deze wetenschap kan men de werking van de elektronische dobbelsteen vrij eenvoudig doorgronden.

Blokschema van de elektronische dobbelsteen

In figuur 4/14.65-2 is het blokschema van het apparaatje getekend. Men ziet: heel erg ingewikkeld is het niet! Door het drukken op de drukknop S wordt een pulsgenerator aan het werk gezet. Deze wekt een hoeveelheid pulsjes op. Dat wil dus zeggen dat de uitgang van die generator voortdurend van "H" naar "L" en weer van "L" naar "H" zal gaan. Dit gebeurt ongeveer 200 keer per seconde. Men zegt dat de frequentie van de generator 200 Hz is. Als men de drukknop loslaat zal door een ingebouwde schakeling de frequentie snel gaan dalen. Na ongeveer één seconde valt de generator stil.
De pulstrein van de generator wordt aangeboden aan een schakeling, die in figuur 4/14.65-2 de zeer on-elektronische naam "verdeler" heeft gekregen. Maar deze titulatuur maakt wel duidelijk wat de schakeling doet! De werking kan inderdaad het best vergeleken worden met de bekende

14.65 Elektronische dobbelsteen

verdeler in het ontstekingscircuit van ons aller auto. Net zoals die verdeler de hoogspanning achtereenvolgens met de verschillende bougies doorverbindt, zo zal de "verdeler" in de dobbelsteen de pulsen met de achtereenvolgende lampjes verbinden. Het laatste pulsje van de generator bepaalt dus welk lampje continu gaat branden. In het blokschema van figuur 4/14.65-2 zijn de lampjes rechtstreeks op de verdeler aangesloten. In de praktijk is de verdeler veel te zwak om de relatief veel stroom vergende lampjes rechtstreeks te sturen. Er moeten dus transistoren tussengeschakeld worden die voor voldoende stroomversterking zorgen om de lampjes te laten oplichten.



Figuur 4/14.65-2: Het blokschema van de elektronische dobbelsteen.

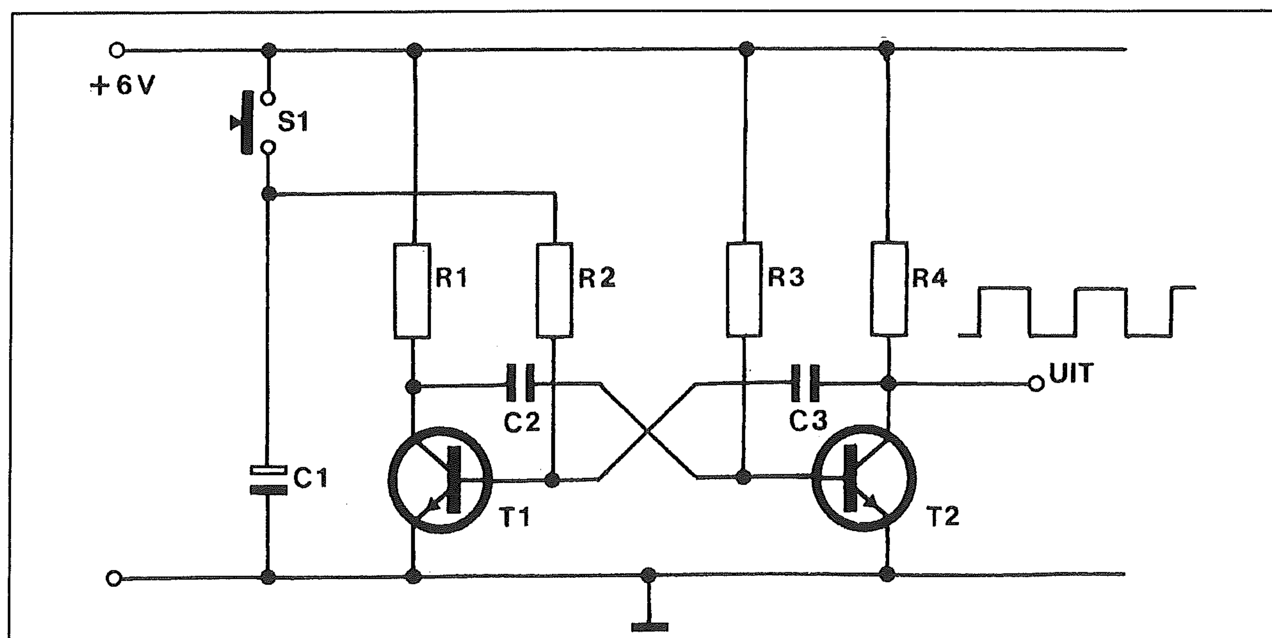
De pulsgenerator

Het schema van dit schakelblok is in figuur 4/14.65-3 getekend. De schakeling heet in vaktermen "astabiele multivibrator". Twee transistoren, ieder met een eigen basis- en collectorweerstand, zijn onderling via de condensatoren C2 en C3 doorverbonden. De basis van transistor T1 is door middel van C3 verbonden met de collector van T2 en de basis van deze tweede halfgeleider is via condensator C2 verbonden met de collector van T1.

Wat gebeurt er als wel de voedingsspanning van 6 V is aangesloten maar men niet op schakelaar S1 drukt? Transistor T2 zal geleiden, want de basis is via weerstand R3 met de voeding verbonden. De collectorspanning van deze transistor is dus gelijk aan massapotentiaal, of digitaal uitgedrukt, is laag ("L"). Halfgeleider T1 spert, de basis is immers aangesloten op een volledig ontladen elco C1. De transistor trekt geen stroom, de collector is met de voeding verbonden. Digitaal komt dit overeen met "H". Dit is de rusttoestand van de schakeling.

Door het drukken op drukknop S1 wordt de elco C1 plotseling opgeladen tot op het voedingspotentiaal. De basis van T1 wordt via weerstand R2 met deze spanning verbonden. Het gevolg is dat deze transistor volledig gaat geleiden. Aan de collector ontstaat een puls, daar de spanning van "H" naar "L" springt. Condensator C2 zal, gevolg gevend aan zijn ingeboren condensatorinstinct, deze negatieve puls ongemoeid aan de basis van transistor T2 doorgeven. Verontwaardigt door dit kabaal aan zijn basis-voordeur besluit deze halfgeleider dadelijk te sperren. De collector wordt dus "H". Men stelt vast dat de rollen nu omgedraaid zijn: was in rust de uitgang "L" en de collector van T1 "H", nu hebben beide collectoren de tegengestelde waarde. Dit is de astabiele toestand van de schakeling. De negatieve spanning, die transistor T2 zo aan het schrikken bracht, vloeit via weerstand R3 langzaam weg naar het voedingspotentiaal. Na een bepaalde tijd wordt de basis van T2 weer 0,7 V positief. En zoals de aandachtige lezer weet, dit wil zeggen dat voor T2 de tijd van zalig niets doen voorbij is. Het is weer geleiden geblazen.

14.65 Elektronische dobbelsteen

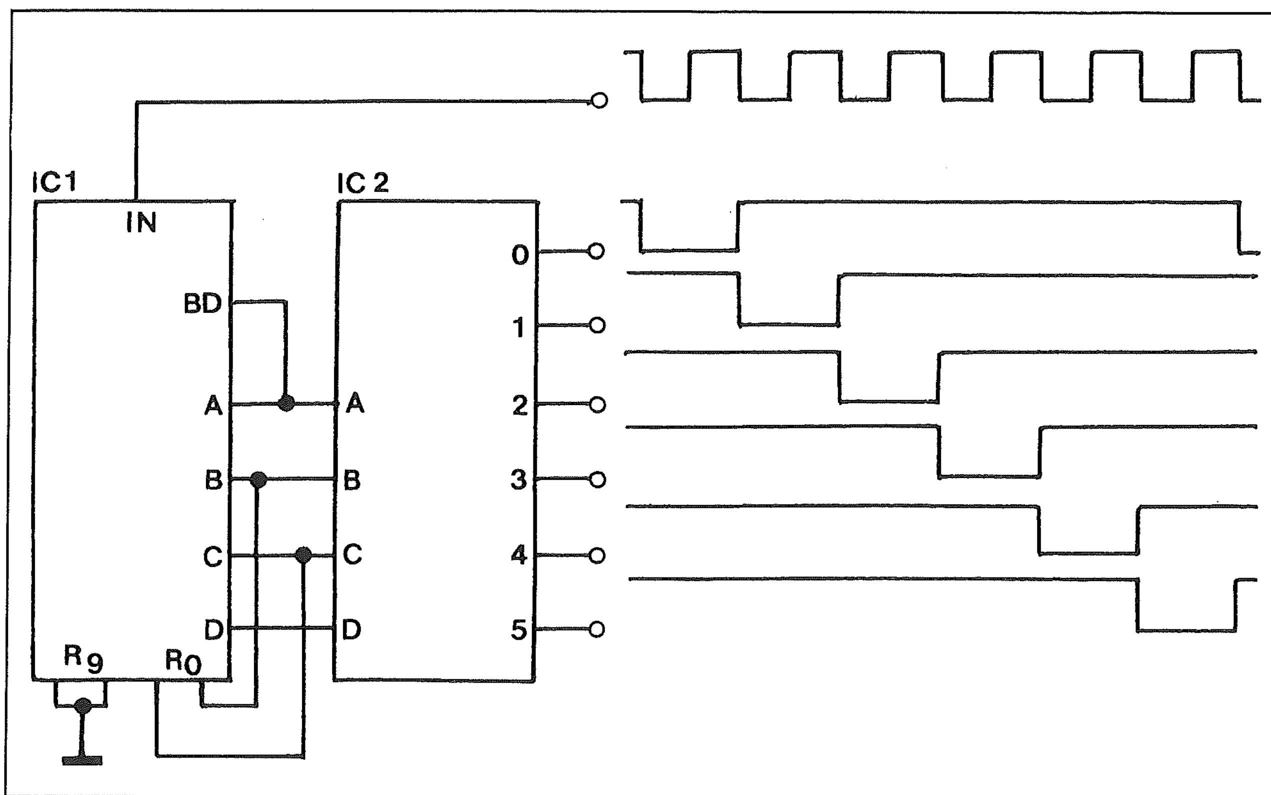


Figuur 4/14.65-3: Het praktisch schema van de astabiele multivibrator.

De collector wordt dus weer "L". Deze negatieve spanningssprong komt via condensator C3 op de basis van transistor T1. Deze halfgeleider spert, de collector wordt "H". De schakeling is dus terug in de rusttoestand. Op dezelfde manier als besproken bij T2 zal de basis van T1 langzaam positief worden. Het gevolg is dat de schakeling weer omklapt, enzovoort, enzovoort.
Zolang weerstand R2 door het indrukken van de schakelaar S1 met de voedingsspanning verbonden blijft, zal de schakeling blijven oscilleren en als gevolg ontstaan aan de collector van T1 een reeks pulsen. De frequentie van die pulstrein kan door de keuze van de condensatoren C2 en C3 en van de weerstanden R2 en R3 ingesteld worden op 200 Hz.
Wat gebeurt er als men de drukknop loslaat? Weerstand R2 wordt van de voeding losgekoppeld. De grote elektrolytische condensator C1 was evenwel opgeladen tot de voedingsspanning. Nu doen dergelijke grote condensatoren dienst als spanningsreservoir. De basis van transistor T1 zal dus nog even gevoed worden uit de in de condensator opgeslagen spanning. De schakeling blijft dus pulsen opwekken, maar daar de spanning over de elco langzaam afneemt zal het steeds langer gaan duren voordat de basis van T1 na de negatieve spanningssprong via C3 weer positief wordt.
Met andere woorden: de frequentie van de pulstrein zal op een continue wijze afnemen. Na ongeveer één seconde is de condensator C1 volledig ontladen en stopt de oscillator.
De praktische bedoeling van deze schakeling zal duidelijk zijn. De schakeling zal, net zoals een normale dobbelsteen langzaam "uitrollen", waardoor het spanningselement verhoogd wordt.

Het praktisch schema van de "verdeler"
De verdeler wordt in figuur 4/14.65-4 voorgesteld.

14.65 Elektronische dobbelsteen



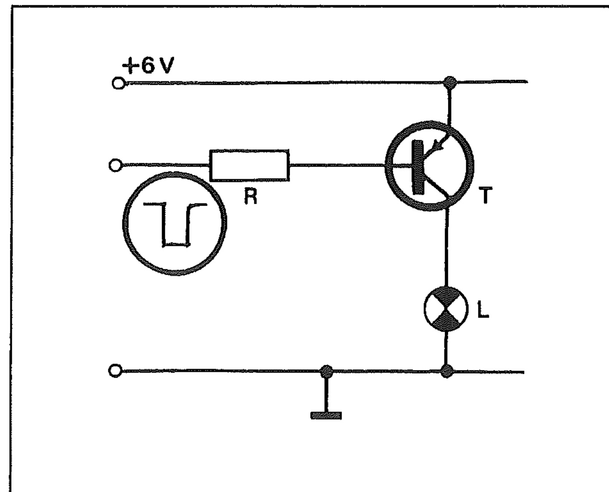
Figuur 4/14.65-4: Het praktisch schema van de verdeler.

Deze schakeling is opgebouwd uit twee digitale geïntegreerde schakelingen, beide van de TTL-reeks. De uitgangspulsen van de pulsgenerator worden aangeboden aan de ingang van IC1. Dit IC, de 7490, is een zogenaamde tienteller. Door bepaalde terugkoppelingen is de schakeling in deze toepassing als zesdeler geschakeld. Het zou te ver voeren om de precieze werking van dit IC in dit hoofdstuk te beschrijven. Samengevat kan gesteld worden dat aan de drie uitgangen A, B en C een code van “H” en “L” signalen zal verschijnen. Deze code is afhankelijk van het aantal pulsen dat aan de ingang van de schakeling reeds is toegevoerd. Daar, zoals gezegd, het IC als zesdeler is geschakeld, zullen er zes verschillende uitgangscodes optreden. Deze codes worden, zolang er pulsen aan de ingang verschijnen, continu doorgelopen. Als er geen pulsen meer aan de ingang worden toegevoerd, dan zal de uitgangscode, overeenkomend met de laatst getelde puls, op de uitgangen blijven staan. Het IC is dus in feite een soort geheugen, dat onthoudt hoeveel pulsen aan de ingang toegevoerd werden. De werking is te vergelijken met de verdeler in een zescilinder motor. De verdeler draait, zolang de motor werkt, rond en verbindt de verschillende bougies achtereenvolgens met de hoogspanning. Als de motor stopt, blijft de verdeler in een bepaalde stand staan.

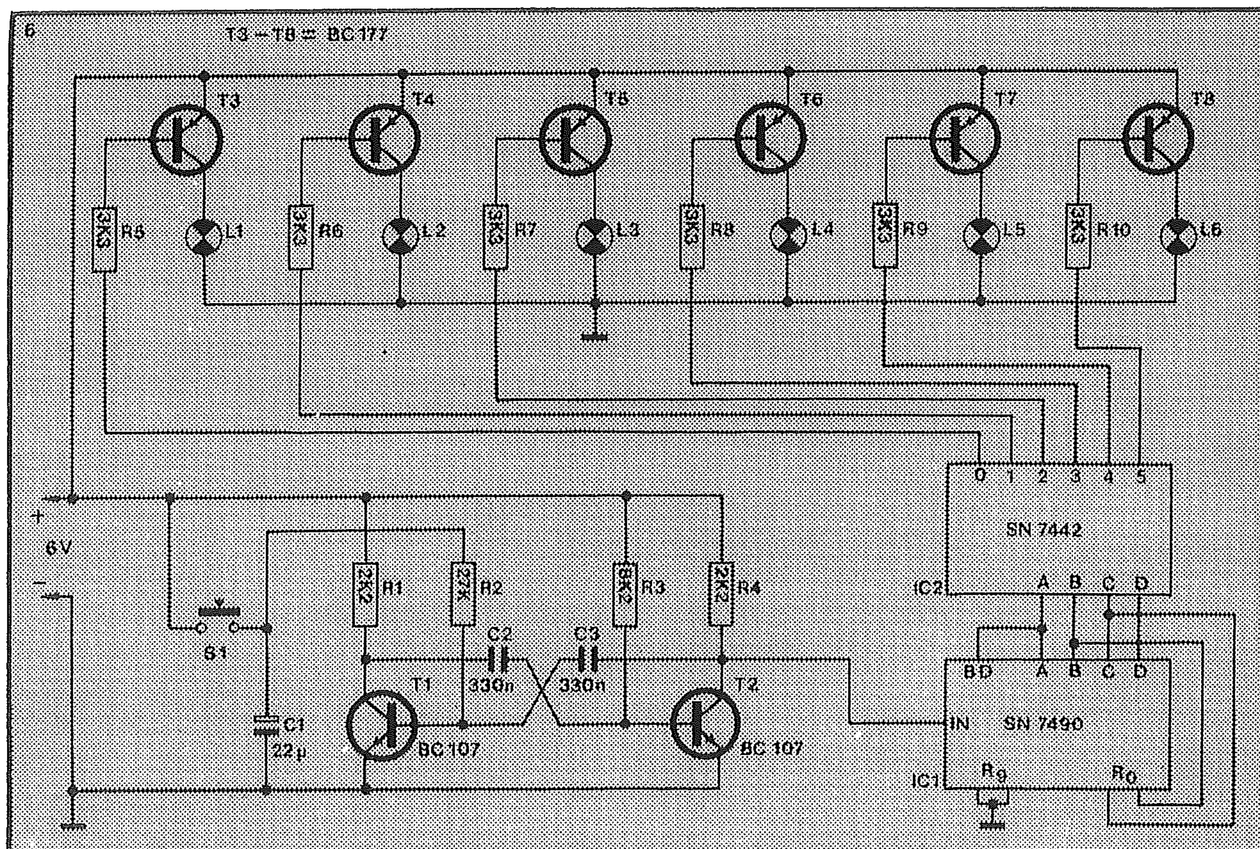
De code op de drie uitgangen van de 7490 moet vervolgens omgezet worden in zes signalen, die de lampjes kunnen sturen. Hiervoor wordt beroep gedaan op een tweede IC, de 7442. Deze schakeling is een code-omzetter. Het onderdeel heeft vier ingangen en tien uitgangen. In deze toepassing worden alleen de ingangen A, B

14.65 Elektronische dobbelsteen

en C en de uitgangen 0 tot en met 5 gebruikt. Als aan de ingangen van de schakeling de code, overeenkomend met puls een, wordt aangelegd dan zal de uitgang 0 van het IC "L" worden. De 5 overige uitgangen blijven "H". Verschijnt vervolgens de code van puls nummer twee aan de ingangen, dan zal uitgang 1 "L" worden en de overige uitgangen "H". Op deze manier wordt de gehele cyclus doorlopen. In het schema van figuur 4/14.65-4 is door middel van een grafiek het pulsverloop in de schakeling verduidelijkt. Duidelijk is te zien hoe de "L"-toestand de zes uitgangen doorloopt, op het ritme van de ingangspulsen.



Figuur 4/14.65-5: De besturing voor de zes lampjes.



Figuur 4/14.65-6: Het volledig schema.

14.65 Elektronische dobbelsteen

De lampbesturing
De lampstuurkring, die in totaal zes keer nodig is, is in figuur 4/14.65-5 getekend. De ingang is verbonden met een van de uitgangen van de voorgaande schakeling. De gebruikte transistor is een PNP-exemplaar. Deze transistor zal dus alleen geleiden als de basis negatief wordt ten opzichte van de emitter. Zoals besproken is de uitgang van de 7442 normaliter "H". Dit hoge signaal komt overeen met de 6 V voedingsspanning. De basis/emitter-spanning van de transistor is nul, de halfgeleider spert en het in de collectorleiding opgenomen lampje brandt niet.
Als de uitgang waarop de lampdriver is aangesloten "L" wordt, wordt de basis van de transistor met massa verbonden. De halfgeleider wordt voluit gestuurd, het lampje wordt met de voedingsspanning verbonden en licht op.

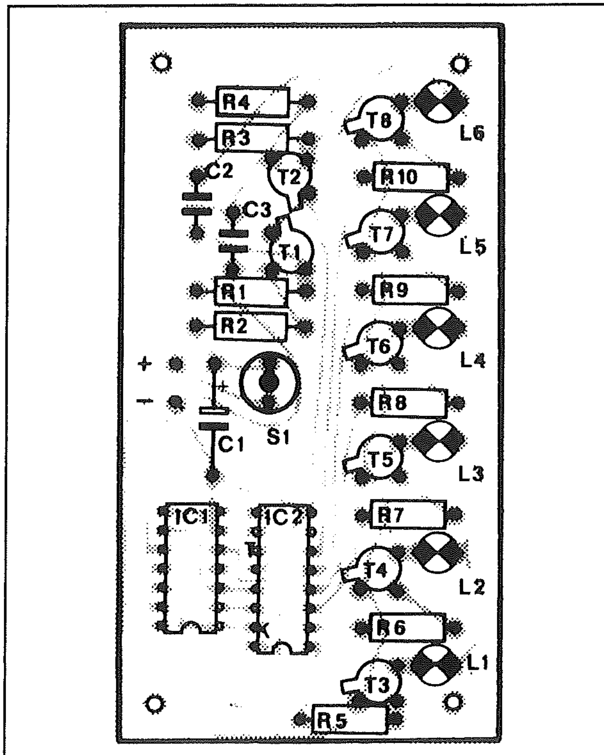
De volledige schakeling
Voor de duidelijkheid is volledige schakeling is in figuur 4/14.65-6 getekend. Zonder moeilijkheden kan men alle besproken gedeelten terugvinden.

De bouw van de schakeling
Het printje op de laatste pagina van dit hoofdstuk (figuur 4/14.65-7), 9,5 bij 5 cm^2 groot, herbergt alle onderdelen. Figuur 4/14.65-8 geeft de plattegrond van het printje.
Men begint met in de gaatjes van de drukknop en de aansluitpunten vier soldeerlipjes vast te solderen. Nadien komen de tien weerstanden aan de beurt. Bij het monteren van de condensatoren moet op de polariteit van de elco C1 gelet worden. Voor de onderdelen C2 en C3 zijn in het prototype miniatuur MKM-condensatoren van Siemens gebruikt.

ONDERDELENLIJST

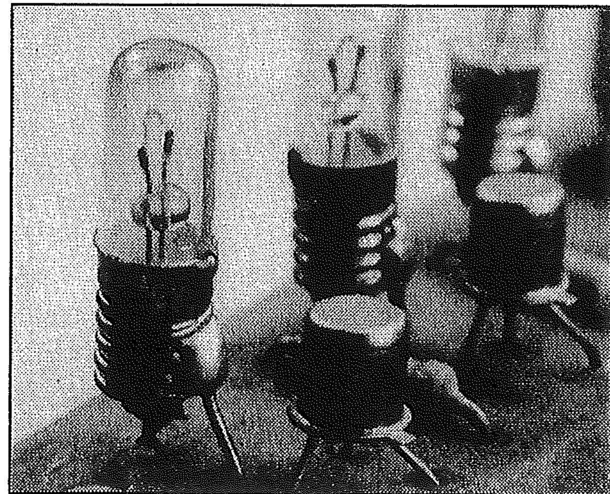
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R4	2,2 kΩ	
R2	27 kΩ	
R3	8,2 kΩ	
R5-R10	3,3 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	22 µF	6V axiale elco
C2,C3	330 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
T1,T2	BC107	
T3-T8	BC177	
IC1	7490	
IC2	7442	
DIVERSEN		
1	miniatuur drukknop	
6	miniatuur lampjes, 6 V	
4	printsoldeerlipje	
1	kastje, bijvoorbeeld Teko P2	

14.65 Elektronische dobbelsteen



Figuur 4/14.65-8: De componentenopstelling van de schakeling.

Vervolgens komen de 8 transistoren op de print. Het nokje aan het lichaam duidt de emitter aan. Bij het insolderen van de geïntegreerde schakeling moet men letten op de stand van de inkeping in het huisje. Soldeer zorgvuldig! Te veel soldeer resulteert in kortsluiting tussen de pennetjes. De drukknop, een normaal miniatuur Japans ding, kan nu met zijn aansluitingen aan de soldeerlipjes op de print bevestigd worden. De lampjes moeten enige voorbewerking ondergaan. Zowel aan het messing huisje als aan het middencontact moeten draadjes van 1 cm lengte gesoldeerd worden. Vertin eerst even de plaatsen waar de draadjes komen, dan verloopt de hele operatie probleemloos! Nadien komen de lampjes netjes geordend op de print, zie figuur 4/14.65-9. De schakeling is klaar voor inbouw en voor tests.



Figuur 4/14.65-9: De montage van de lampjes op de print.

De inbouw van de schakeling

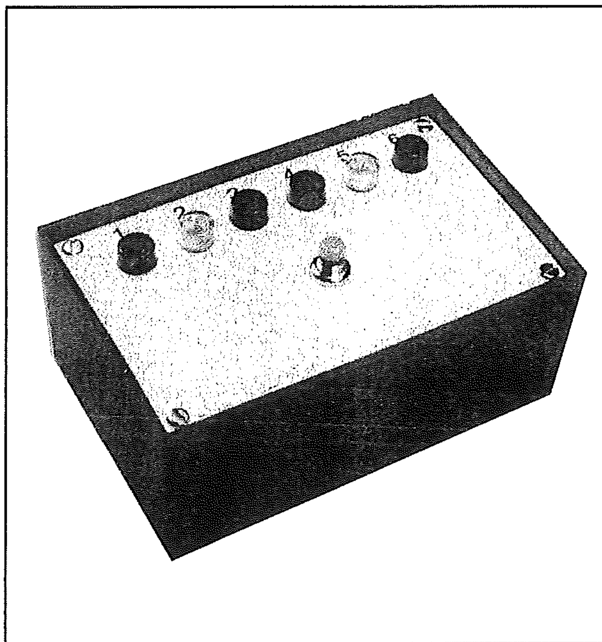
Uiteraard wordt het printje eerst getest. Sluit vier 1,5 V elementen in serie (plus aan min) en verbindt het geheel met de print. Verwisseling van polariteit, ook maar even, kan de IC's vernielen! Als alles goed is, moet nu een van de lampjes gaan branden. Is dit niet het geval, maak dan dadelijk de batterij los en controleer de print grondig op verkeerd ingesoldeerde onderdelen of kortsluitingen door soldeerbruggen.

Functioneert alles zoals beschreven en drukt men op de knop, dan zullen alle zes lampjes zwak opgloeien. Laat men nadien de knop los, dan zal men de elektronische dobbelsteen duidelijk zien "uitrollen" en één lampje zal gaan branden.

Het prototype van de schakeling is ingebouwd in een plastic Teko P-2 kastje dat voor weinig geld in iedere onderdelenhandel, die naam waardig, verkrijgbaar is. Nadeel is dat de batterijen door middel van een dun twee-aderig snoertje extern aangesloten moeten worden. In het aluminium dekseltje worden 7 gaatjes geboord: 6 voor de lampjes en één voor de

14.65 Elektronische dobbelsteen

schakelaar. In de bodem van het kastje komen vier gaten voor de bevestiging van het printje.
In een der zijwanden kan een miniatuur telefoonplugje voor de toevoer van spanning zorgen. Het printje wordt met afstandsbusjes van 2 cm op de bodem van het kastje vastgeschroefd. De plug wordt met twee kleine draadjes op de print aangesloten. Het dekseltje van het kastje kan met verf in spuitbus geschilderd worden en voorzien van de nodige indicaties. Voor de batterijen zijn handige batterijhouders in de handel, maar men kan natuurlijk ook zelf een batterijdoosje knutselen. Het prototype van de dobbelsteen is voorgesteld in figuur 4/14.65-10.



Figuur 4/14.65-10: Het prototype van de schakeling.

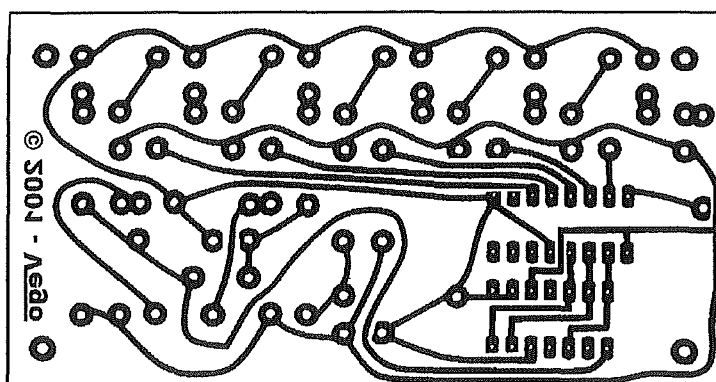
Epiloog
Het vreemde is dat bij demonstratie van de dobbelsteen aan niet-elektronisch deskundige mensen, de meesten niet willen geloven dat de met de schakeling "geworpen" getallen net zo willekeurig zijn als met een normale dobbelsteen zou mogelijk zijn. Daarom hebben we een eenvoudig proefje genomen. We hebben de resultaten van 120 "worpen" genoteerd en opgeteld hoe dikwijls ieder cijfer voorkwam.
Volgens de waarschijnlijkheidstheorie zou dit 20 keer moeten zijn. De resultaten waren:

- cijfer 1: 20 keer;
- cijfer 2: 16 keer;
- cijfer 3: 22 keer;
- cijfer 4: 18 keer;
- cijfer 5: 20 keer;
- cijfer 6: 24 keer.

Men ziet dat de resultaten aardig kloppen met het ideale. De afwijkingen worden veroorzaakt doordat de steekproef, dus het aantal proefworpen, te klein was om de kansrekening er exact op toe te passen. Wie de tijd ervoor over heeft zal vaststellen dat de afwijkingen bij 1.200 proefworpen kleiner zullen zijn.
Wat niet onderzocht is, maar zonder meer zeer interessant, is of de elektronische dobbelsteen net zo beïnvloedbaar is door para-psychologisch begaafde personen als zijn mechanisch equivalent!

14.65 Elektronische dobbelsteen

14.66 Elektronische dobbelsteen



Figuur 4/14.65-7: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby/** en selecteert uit het hoofdmenu het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

4/14.66

Elektronisch touwtrekken

Het principe van het spel

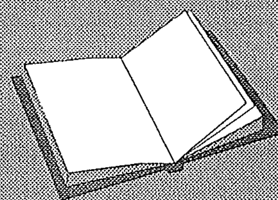
Een klein kastje met een START-drukknop, een attentie-LED en een rijtje van 15 platte LED's. Verder twee drukknopjes aan kabeltjes en twee spelers. Na het indrukken van de START-knop gaat de middelste van de 15 LED's branden. Even later begint de attentie-LED te knipperen. De bedoeling is dat beide spelers zo snel mogelijk na het oplichten van de attentie-LED op hun drukknop drukken. Wie het eerste drukt heeft een ronde gewonnen. Als beloning voor deze snelste reactie gaat de middelste LED van de rij uit en schuift het lichtvlekje op de LED-kolom één positie op in de richting van de winnende speler. De bedoeling van het spel zal nu wel duidelijk zijn. Het komt er op aan de snelste reactie te hebben, de drukknop het snelst in te drukken en de "knoop" van het elektronisch touw (de brandende LED) naar zijn of haar kant te trekken. Wie de "knoop" over de streep trekt (de eerste of de vijftiende LED van de kolom gaat branden) heeft het spel gewonnen. Een zoemertje dat op de print is gemonteerd gaat dan zoemen en de attentie-LED stopt met knipperen.

Het spel kan gereset worden door het indrukken van de START-knop. Dan gaat op de eerste plaats de zoemer zwijgen, gaat de middelste LED van de kolom weer branden en kan een nieuwe ronde worden gespeeld.

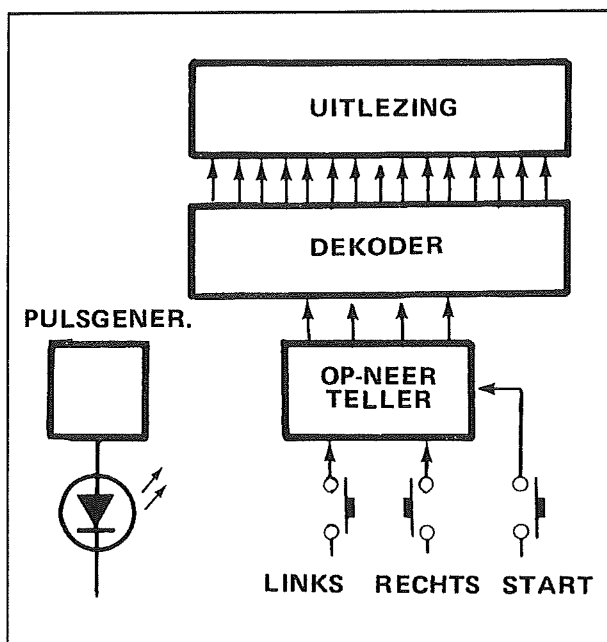
Het principe van de spelschakeling

Het vereenvoudigde blokschema van het elektronische spelletje is getekend in figuur 4/14.66-1. Het hart van de schakeling is een op- en neerteller. Dat is een schakeling die in staat is zowel pulsen op te tellen als pulsen af te trekken. Een normale teller, zoals de tienteller 7490, kan alleen pulsen optellen. De inhoud van de teller die op de vier uitgangen verschijnt onder de vorm van de bekende BCD-code zal, telkens als men een puls op de klokingang van het IC aanlegt, een eenheid naar boven opschuiven. Als de inhoud van de teller op een bepaald moment 4 was zal deze na het verwerken van een nieuwe klokpuls 5 worden. De op- en neerteller heeft twee klokingangen. De ene werkt precies zoals de normale tienteller. De andere zal de inhoud van de teller telkens met een eenheid verminderen.

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/5.1.3
Hoofdstuk 6/5.1.4



14.66 Elektronisch touwtrekken

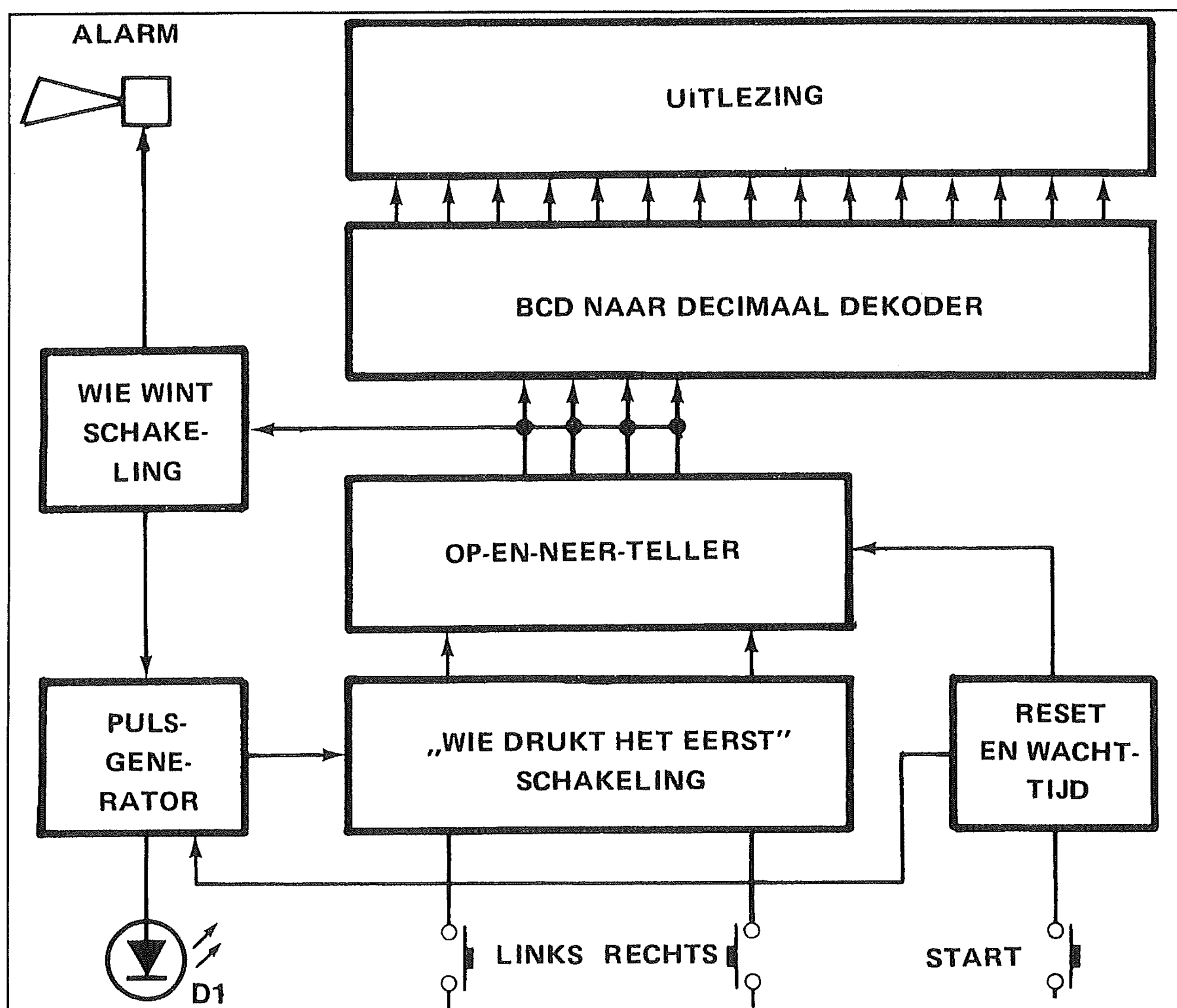


Figuur 4/14.66-1: Het principe van de schakeling.

Was de inhoud van de teller 4 en legt men een puls aan op de "neer"-ingang, dan wordt de inhoud van de teller 3.
Als men nu beide klokingangen verbindt met drukknoppen en iedere speler van het spel een van die drukknoppen in de knuisten stopt, dan zal de ene speler de inhoud van de teller vermeerderen en de andere speler zal de inhoud verminderen. Als men bovendien de inhoud van de teller door middel van een decodeerschakeling vertaalt tot het branden van een LED-je uit de rij, dan zal de ene speler in staat zijn de lichtvlek in de rij LED's naar links te verplaatsen en de andere speler naar rechts. Het reactietijd-element wordt in het spel geïntroduceerd door een pulsgenerator, die een LED laat knipperen. De bedoeling is dan natuurlijk dat de spelers om het snelst hun drukknop moeten bedienen. Wil dit principiële schema ook in de praktijk bruikbaar zijn, dan moeten er wel een heleboel verfraaiingen aangebracht worden.

Het volledig blokschema van het spel
Het uitgebreide schema van het spel is getekend in figuur 4/14.66-2. Het zal duidelijk zijn dat het spel op een of andere manier gestart moet worden. Vandaar een "reset en wachttijd"-schakeling, die twee dingen doet. In de eerste plaats zal deze schakeling ervoor zorgen dat bij de aanvang van het spel de middelste van de rij LED's gaat oplichten. Uit deze startpositie kunnen de spelers dan hun reactietijd in de strijd werpen. Op de tweede plaats zal deze schakeling de pulsgenerator een zekere vertraging geven. Het is immers de bedoeling dat een van de spelers de START-knop indrukt. Als de attentie-LED dan dadelijk zou gaan knipperen, dan zou de tweede speler bevoordeeld zijn omdat die zich reeds had kunnen concentreren op het gaan branden van de LED. Een tweede zeer belangrijke uitbreiding van het blokschema is de "wie drukt het eerst"-schakeling. Wat deze schakeling doet zal duidelijk zijn. Wie het snelst op zijn of haar knop drukt na het oplichten van de attentie-LED moet de teller in de een of andere richting sturen. De onfortuinlijke speler die iets trager reageert mag niet tot de klokingang van de teller worden toegelaten. Bovendien moet deze schakeling in staat zijn iedere poging tot valsspelen te detecteren en af te straffen. Een speler die continu op zijn of haar knop duwt mag dus niet doorgelaten worden tot de teller op het moment dat de attentie-LED gaat branden. Ook een speler die denkt de elektronica te slim af te zijn door iets eerder te drukken (dus net voordat de LED oplicht) moet door het besproken blok afgestraft worden. Hoewel men natuurlijk kan zien wie het spel gewonnen heeft (een van de buitenste LED's van de rij gaat dan oplichten) is het leuker als het spel zélf deze indicatie geeft.

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-2: Het volledig uitgewerkte blokschema van het elektronisch touwtrekken.

Vandaar de "wie wint"-schakeling, die aan de hand van de inhoud van de teller bepaalt wie het geluk aan zijn of haar kant had. Dit blok stuurt niet alleen een zoemertje dan triomfantelijk de winner lof en eer toebazuint, maar stopt ook het knipperen van de attentie-LED.

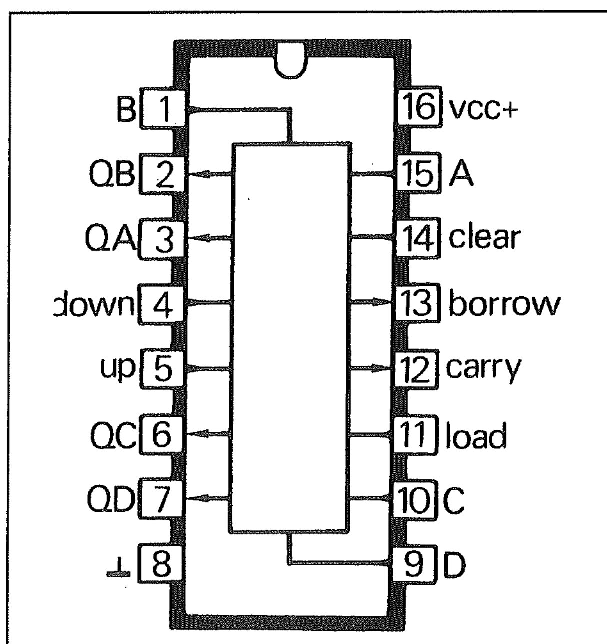
De op- en neerteller

Zoals reeds geschreven in de inleiding is deze schakeling vrij gecompliceerd. De toegepaste 74193 heeft, behalve de mogelijkheid zowel op te tellen als af te trekken, ook een "preset"-eigenschap in zich. Dat wil zeggen dat men de inhoud van de teller, dus de BCD-code die op de vier uitgangen verschijnt, kan bepalen door op vier "data-ingangen" de code voor een bepaald getal aan te leggen en nadien de "load-ingang" even met massa te verbinden.

Als dat laatste gebeurt, dan zal de code die op dat moment in de teller aanwezig was vervangen worden door de code die men op de vier "data-ingangen" heeft aangelegd.

14.66 Elektronisch touwtrekken

Als men de verschillende aansluitingen van de 74193 op een rijtje zet, zie figuur 4/14.66-3, dan verschijnt volgende indrukwekkende lijst:
- vier uitgangen QA, QB, QC en QD, waarop de inhoud van de teller onder de vorm van de BCD-code naar buiten wordt gebracht;
- een "count-up" ingang die, als er een puls wordt op aangelegd, de inhoud van de teller met één eenheid vermeerdert;
- een "count down"-ingang die, als hij gestuurd wordt met een puls, de inhoud van de teller met één eenheid verlaagt;
- vier "data"-ingangen A, B, C en D, waarop men een BCD-code kan aanleggen;
- een "load"-ingang, die de gegevens van de "data"-ingangen overdraagt op de vier uitgangen;
- een "clear"-ingang, die de inhoud van de teller wist als hij "H" wordt (de vier uitgangen gaan dan naar "L").

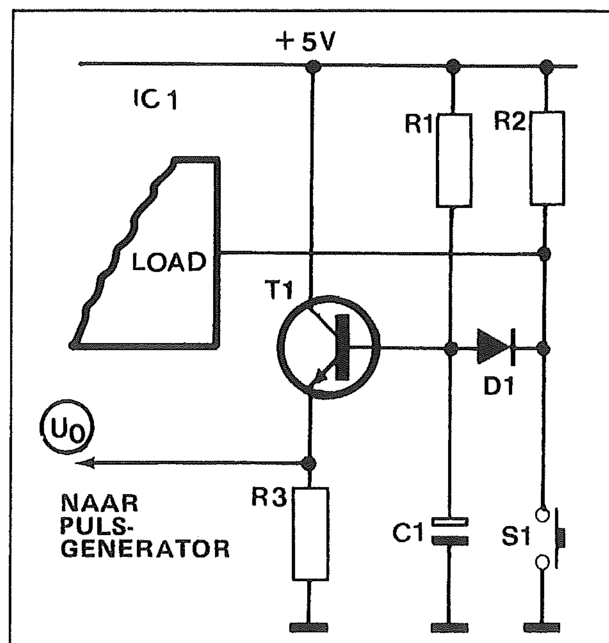


Figuur 4/14.66-3: De aansluitgegevens van de 74193.

Dat zijn de in- en uitgangen die voor het begrijpen van de werking van het elektronisch touwtrekken een rol spelen.

De "reset en wachtijd"-schakeling

Dit blok uit het blokschema is getekend in figuur 4/14.66-4 en is een van de eenvoudigste deelschakelingen. Zoals geschreven bij de bespreking van het volledig blokschema, zorgt deze schakeling voor twee dingen. In de eerste plaats zorgt hij ervoor dat de middelste LED uit het "elektronische touw" gaat branden bij het indrukken van de START-knop, in de tweede plaats zal hij de pulsgenerator die de attentie-LED stuurt laten starten met een bepaalde vertraging.

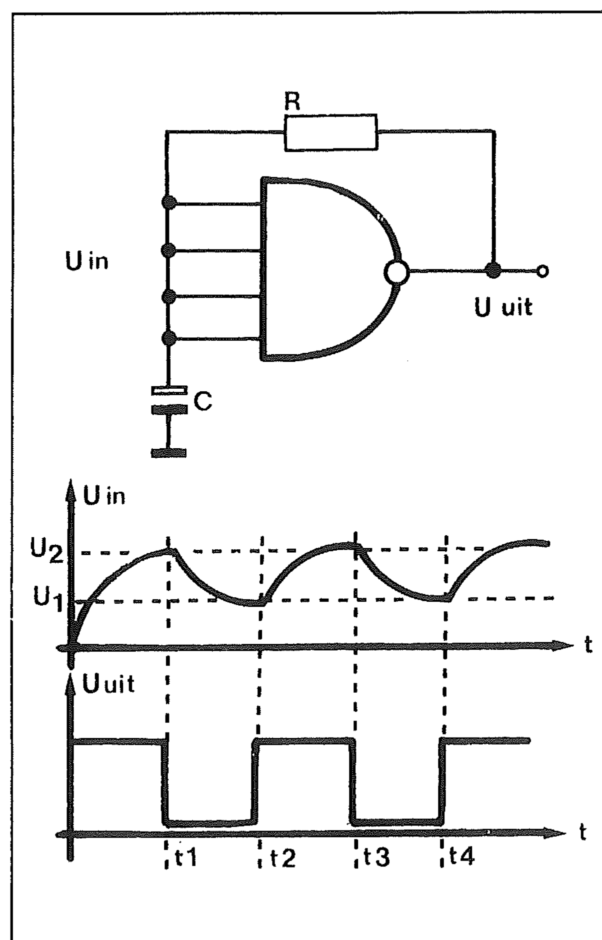


Figuur 4/14.66-4: Het schema van de "reset en wachttijd"-schakeling.

De eerste actie wordt verkregen door het sturen van de "load"-ingang van de teller met een "L". Op dat moment wordt de BCD-code op de uitgangen van de teller gelijk aan de gegevens die op de "data"-ingangen aanwezig zijn. Als men ervoor

14.66 Elektronisch touwtrekken

zorgt dat die gegevens zo zijn, dat ze vertaald worden door de decoder tot het laten branden van de middelste LED, dan is men waar men wezen wil. De "load"-ingang wordt normaliter "H" gehouden via weerstand R2 uit figuur 4/14.66-4. De gegevens aan de vier ingangen van het IC worden dan niet doorgekoppeld naar de uitgangen. Drukt men de START-knop S1 in, dan wordt de "load" met massa verbonden en wordt bijgevolg "L". De teller wordt geladen met de gewenste startinhoud.
Bij het drukken op de schakelaar S1 wordt ook condensator C1 ontladen via de diode D1. De transistor T1, een emittervolger, zal dus zowel op basis als op emitter een "L"-signaal zien verschijnen. Een emittervolger heeft immers als eigenschap dat de spanning op de emitter gelijk is aan de spanning op de basis, minus de 0,7 V geleidingsspanning tussen basis en emitter. Dit signaal, U_0, stuurt de pulsgenerator. Bij de bespreking van deze schakeling zal blijken dat de oscillator niet werkt als dit U_0-signaal lager dan 2,4 V is. Conclusie: bij het indrukken van de START-knop zal de attentie-LED nog niet gaan knipperen. Als de drukknop losgelaten wordt, dan kan de genoemde condensator C1 zich gaan opladen via weerstand R1. De spanning op de basis van T1 (en dus ook de spanning op de emitter) stijgt langzaam. Na een bepaalde tijd is de spanning over de condensator gestegen tot 3,1 V. Dan zal men over de emitterweerstand een spanning van 2,4 V meten. Het gevolg is dat U_0 de pulsgenerator een signaal aanbiedt dat zo groot is dat hij in werking kan treden. De attentie-LED gaat knipperen.
De tijd die verloopt tussen het loslaten van de drukknop en het gaan knipperen van de LED wordt bepaald door de snelheid, waarmee de condensator C1 oplaadt van 0 V tot 3,1 V. Deze tijd is niet alleen afhankelijk van de grootte van de condensator, maar ook van de waarde van weerstand R1. De functie van de diode D1 zal duidelijk zijn. Zij zorgt voor de zeer noodzakelijke scheiding tussen C1 en de "load"-ingang van het IC.



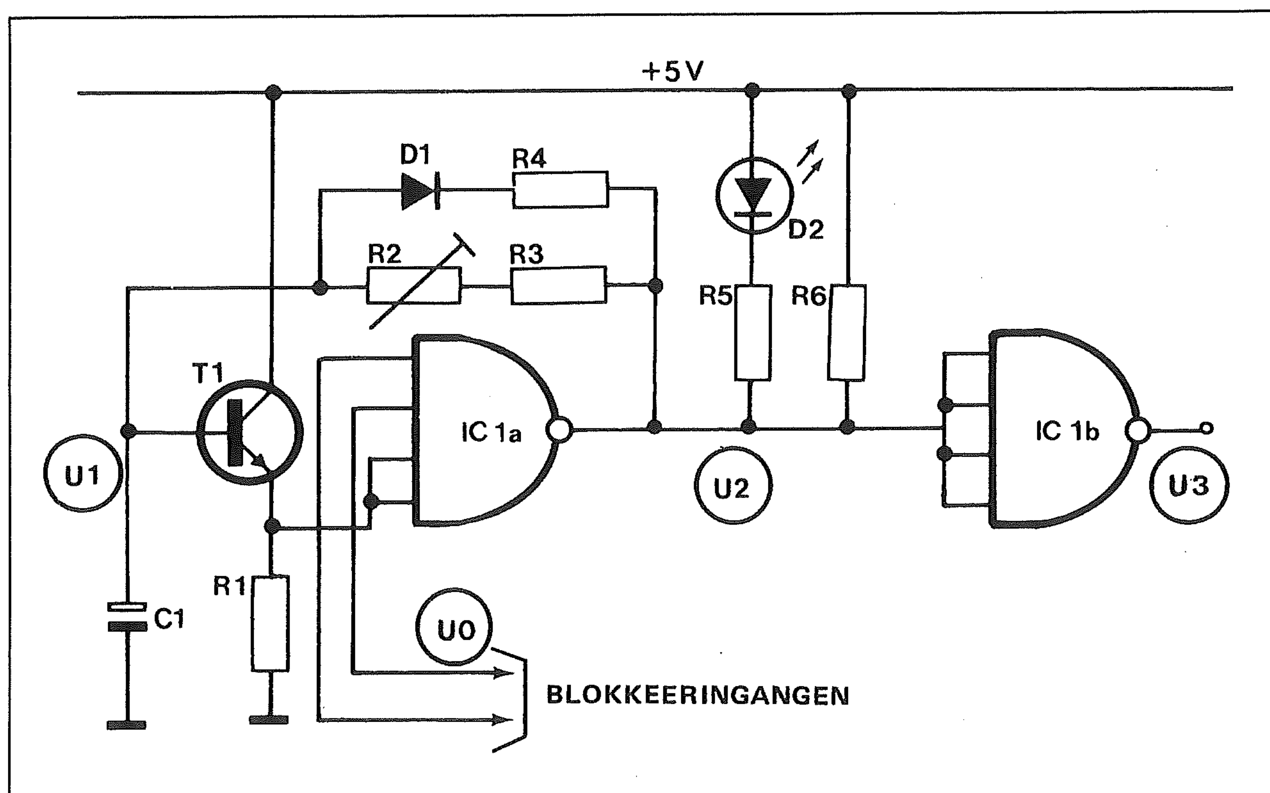
Figuur 4/14.66-5: De principiële schakeling van de oscillator.

De pulsgenerator
Het principiële schema van de pulsgenerator is getekend in figuur 4/14.66-5. Deze schakeling is opgebouwd rond een geïntegreerde schmitt-trigger, namelijk een poort uit een 7413. De voornaamste eigenschap van deze schakeling is dat de

14.66 Elektronisch touwtrekken

uitgang reageert op twee verschillende waarden van de ingangsspanning. Zolang de spanning op de ingangen kleiner is dan een bepaalde waarde U_2 zal de spanning op de uitgang "H" zijn. Als de spanning op de ingang de kritische grens U_2 overschrijdt dan wordt de uitgang "L".
Als de spanning op de ingang nu echter weer daalt, dan doet zich het merkwaardige verschijnsel voor dat de uitgang niet omklapt op het moment dat de ingang lager wordt dan U_2! De spanning op de ingang moet dalen tot de spanningswaarde U_1 alvorens men aan de uitgang enige reactie bespeurt. Het spanningsverschil tussen beide drempelspanningen noemt men de hysteresis van de schakeling en dit verschijnsel is verantwoordelijk voor de werking van de schakeling als oscillator. Kijk maar naar de grafieken van figuur 4/14.66-5. Een condensator C, die tussen de ingangen van de poort en de massa is geschakeld, wordt op- of ontladen door middel van een weerstand R. Bij het aanschakelen van de voedingsspanning is de spanning over de condensator uiteraard gelijk aan nul. De uitgang van de poort zal dan "H" zijn. Uit deze positieve spanning zal de condensator zich opladen. De ingangsspanning stijgt dus. Na een bepaalde tijd overschrijdt de spanning over de condensator de kritische waarde U_2, met als gevolg dat de schakeling omklapt en de uitgang "L" wordt. De condensator gaat zich nu dus ontladen. Na een bepaalde tijd wordt de spanning over de condensator gelijk aan de onderste kritische waarde U_1. De uitgang klapt om, wordt "L" en het proces kan zich herhalen. Op de uitgang van de poort verschijnt dus een spanning die periodiek omklapt tussen "L" en "H". Dergelijke spanning is uiteraard ideaal voor het laten knipperen van een LED, als men de frequentie van het opgewekte signaal maar laag genoeg maakt. Dat kan, door een geschikte keuze van de weerstand en de condensator. Omdat men de weerstand niet groter kan maken dan ongeveer 470 Ω (dat wordt bepaald door de inwendige structuur van de TTL-poort) moet men de condensator erg groot maken. Zo groot dat dit onderdeel onaanvaardbare prijs en afmetingen zou hebben. Vandaar dat men een blik moeten werpen op figuur 4/14.66-6 waarin het volledige schema van de oscillator is getekend. IC1a is de poort uit figuur 4/14.66-5. Tussen het knooppunt van de condensator en de weerstand en de ingangen van de poort is nu echter een als emittervolger geschakelde transistor geschakeld. Nu de weerstand niet meer rechtstreeks met de poort verbonden is zijn er geen beperkingen aan zijn waarde. Men kan hem dus lekker groot kiezen, zodat de condensator vrij bescheiden van omvang kan worden. De enige voorwaarde is dat weerstand R1 niet groter is dan 470 Ω. Maar daar dit de emitterweerstand van een emittervolger is, hoeft dit geen probleem te zijn. De schakeling vertoont enige verfraaiingen. Zo is de enkele weerstand tussen uitgang van de poort en basis van de emittervolger vervangen door de serieschakeling van een vaste weerstand en een instelpotentiometer. Men kan dus de frequentie van de pulsen uit de oscillator instellen en dus ook de snelheid waarmee de attentie-LED gaat knipperen. Verder worden beide weerstanden overbrugd door de serieschakeling van een zeer kleine weerstand R4 en een diode D1. Deze extra kring heeft tot gevolg dat het ontladen van de condensator C1 veel sneller gebeurt dan het opladen (de diode geleidt als de uitgang "L" is), zodat de uitgang van de poort (spanning U_2) alleen een kort moment "L" is.

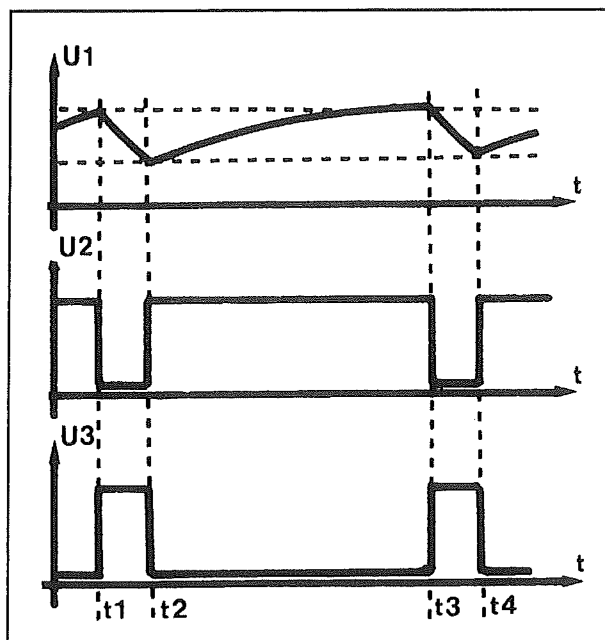
14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-6: Het volledig schema van de pulsgenerator.

De lichtgevende diode D2 is de attentie-LED. Hij gaat branden als de uitgang van de eerste poort "L" is.
Wat verder opvalt is dat nu niet alle vier de ingangen van de poort parallel zijn geschakeld. Waarom? Heel eenvoudig, omdat het de bedoeling is dat de werking van de oscillator wordt gecontroleerd door twee andere blokken. In de eerste plaats de reeds besproken "reset en wachttijd"-schakeling, in de tweede plaats door de nog te bespreken "wie wint"-schakeling. De twee onderste ingangen van de poort worden gebruikt als blokkeeringangen. Als een van beide ingangen "L" is, dan zal de oscillator niet kunnen werken. Dat heeft alles te maken met de ingeboren aard van het beestje. De poort is in wezen niets anders dan een gewone NAND (zoals de 7400) met vier ingangen. Dit soort schakelingen heeft als eigenschap dat de spanning op de uitgang steeds "H" is, als een van de ingangen "L" is. Is dus een van de blokkeeringangen "L" (zoals na het indrukken van de START-knop, weet u nog wel?), dan zal de uitgang van de eerste poort uit figuur 4/14.66-6 continu "H" zijn, zodat de attentie-LED gedoofd blijft. Het elektronisch touwtrekken is niet speelbereid. De tweede poort, tenslotte, inverteert het uitgangssignaal van zijn soortgenoot. De noodzaak van deze maatregel zal blijken bij de bespreking van de "wie drukt het eerst"-schakeling. Figuur 4/14.66-7 geeft een overzichtje van het uiterlijk van de spanningen op de verschillende punten van de schakeling uit figuur 4/14.66-6.

14.66 Elektronisch touwtrekken



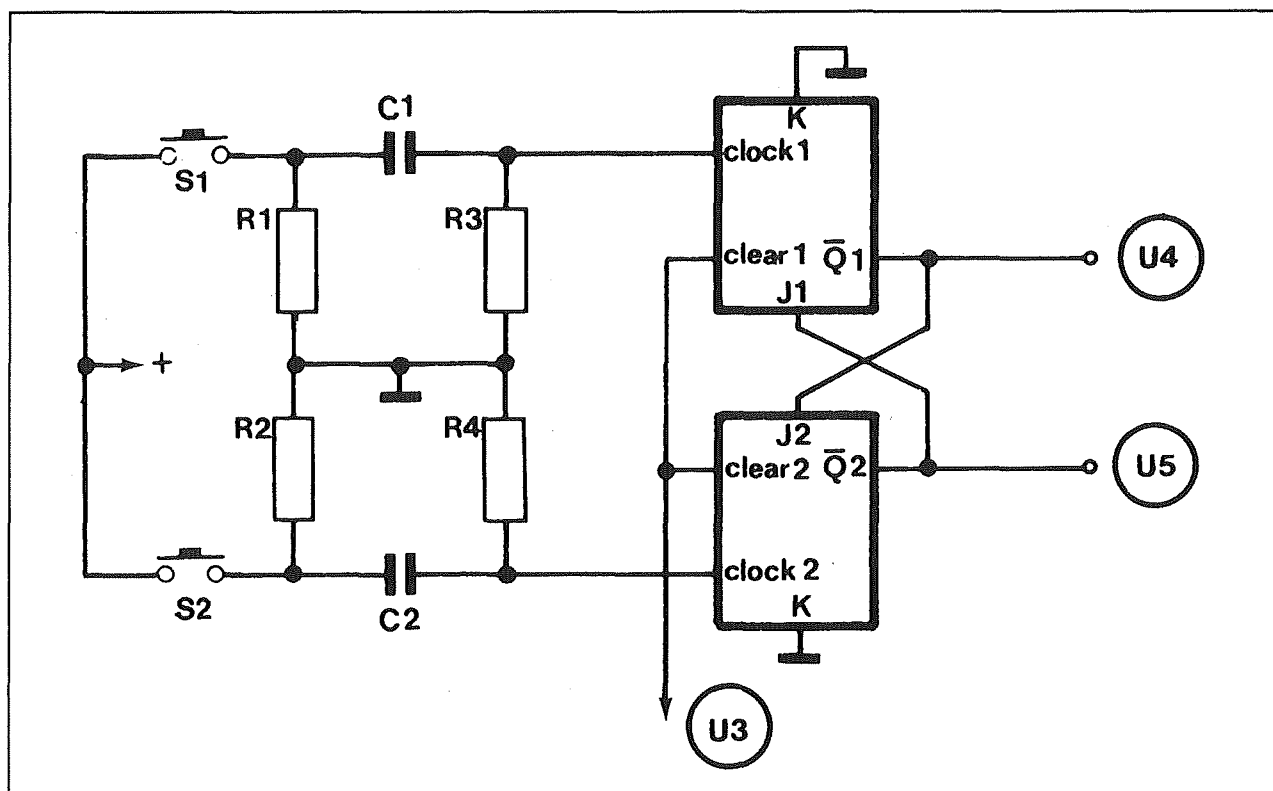
Figuur 4/14.66-7: Het volledig impulsendiagram van de schakeling van figuur 4/14.66-6.

De "wie drukt het eerst"-schakeling

De "wie drukt het eerst"-schakeling wordt voorgesteld in figuur 4/14.66-8. Deze schakeling is opgebouwd uit twee zogenaamde J-K flip-flop's. Een flip-flop, dat zal eenieder onderhand wel weten, is een schakeling waarvan de uitgang omklapt van het ene logische niveau naar het andere als er op een clock-ingang een spanningssprong wordt aangelegd. Een flipflop is dus een geheugenelement, dat "onthoudt" dat er op de clock een korte puls is geweest. Het bijzondere van de J-K flip-flop is dat de geheugenfunctie gecontroleerd kan worden door het aanleggen van "L"- en "H"-signalen op twee stuuringangen, de J en de K. Als J en K allebei "H" zijn, dan zal de schakeling omklappen bij iedere spanningssprong op de clock. De schakeling werkt dan als een doodgewone soortgenoot. Als J en K "L" zijn, dan zal het aanleggen van een spanningssprong op de clock niet het minste resultaat hebben. De schakeling is hartstikke doof voor de smeekbedes van de clock, zij blijft staan in de stand waar ze staat. Als J "H" is en K "L", dan zal de schakeling bij de eerstvolgende clock-puls een hoge uitgang opwekken. Ieder verder gerommel op de clock is dan zinloos, omdat de schakeling toch niet gevoelig is voor verdere avances. Zoals iedere rechtgeaarde flip-flop, heeft ook de JK-versie een clear-ingang, die de inhoud van het geheugen nul maakt als er een "L"-niveau op valt waar te nemen.

Als men nu nog weet dat de TTL-versie 7447 van de besproken flip-flop alleen reageert op overgangen van "H" naar "L" en dat de schakeling twee uitgangen heeft, namelijk de normale Q en eentje $\overline{Q}$ waarop de inverse spanning ontstaat, dan is men klaar om alle beschikbare analyserende vermogens los te laten op de schakeling van figuur 4/14.66-8. De grafieken van figuur 4/14.66-9 zullen daarbij zeker als een welkome steun ervaren worden. In rust (daarmee wordt bedoeld de tijd tussen twee lichtflitsen van de attentie-LED) zal de clear van beide flip-flop's "L" zijn. Deze ingangen worden immers gestuurd uit de uitgang van de pulsgenerator. Het gevolg is dat beide flip-flop's gereset zijn. De Q-uitgangen zijn dus "L". Nu moet men één gegeven erg goed in de gaten houden. Bij de schakeling van figuur 4/14.66-8 wordt geen gebruik gemaakt van deze Q-uitgangen, wél van de geïnverteerde $\overline{Q}$-uitgangen, waarop een spanning staat die steeds het inverse is van de spanning op de Q-uitgangen. De spanningen U_4 en U_5 zullen dus in rust gelijk zijn aan "H". De twee spelers-drukknoppen sturen, via een klein netwerkje, de beide clock-ingangen van de flip-flop's. Deze ingangen worden door middel van twee weerstanden R3 en R4 met de massa verbonden en zijn bijgevolg "L".

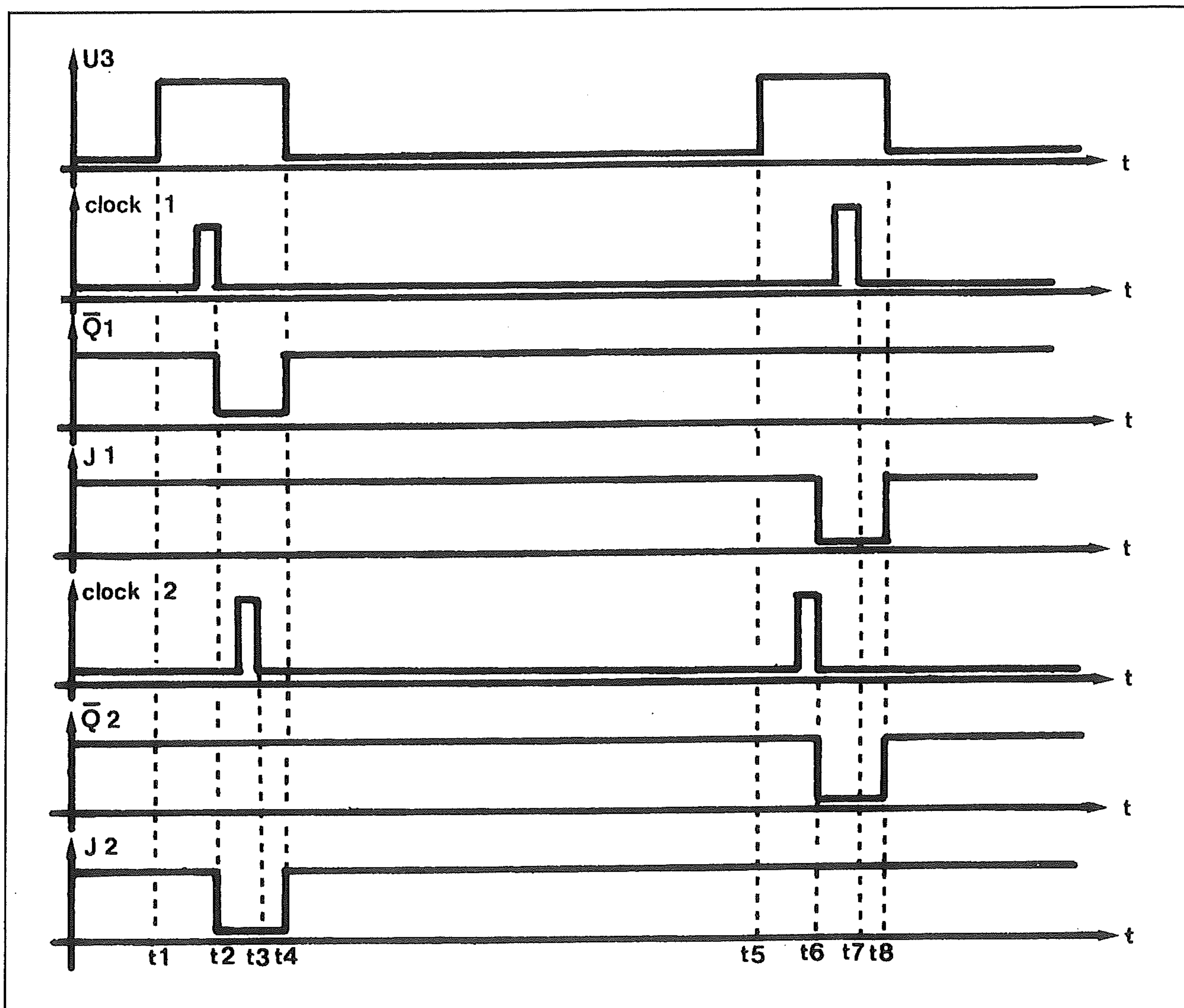
14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-8: Het schema van de "wie drukt het eerst"-schakeling.

Als een van de drukknoppen wordt ingedrukt dan zal de voedingsspanning verschijnen op de linker plaat van condensator C1 of C2. Dat zijn zeer kleine condensatoren. Het gevolg is dat de spanningssprong van "L" naar "H" op de linker plaat wel wordt doorgelaten, maar dat de spanning op de rechter plaat dadelijk nadien weer "L" wordt. Een eigenschap van condensatoren is immers dat ze snelle spanningssprongen, zoals veroorzaakt door het drukken op een van de knoppen, wel doorlaten maar gelijkspanning niet.
Conclusie: telkens men op een van de knoppen drukt zal er op de clock-ingang van de betreffende flip-flop een zeer smalle puls verschijnen. Maar, zolang de attentie-LED gedoofd is, zal dat geen enkel gevolg hebben. De clear-ingangen van de schakelingen zijn dan immers "L" en deze wissende werking heeft voorrang op alle andere ingangen. Een van de mogelijke valse truukjes, namelijk een van de drukknoppen iets te vroeg indrukken, wordt hierdoor onmogelijk gemaakt. Zoals blijkt uit de figuur, zijn de K-ingangen van de schakelingen met "L" verbonden. De J-ingangen zijn kruiselings gekoppeld met de inverse Q-uitgangen. In rust zijn deze ingangen "H". Beide flip-flop's staan dus open voor het verwerken van een clockpuls (zie boven). Als de attentie-LED gaat branden, dan wordt signaal U_3 "H". De clear-ingangen volgen dat voorbeeld en de flip-flop's worden vrijgegeven voor het reageren op de clock-ingangen.

14.66 Elektronisch touwtrekken

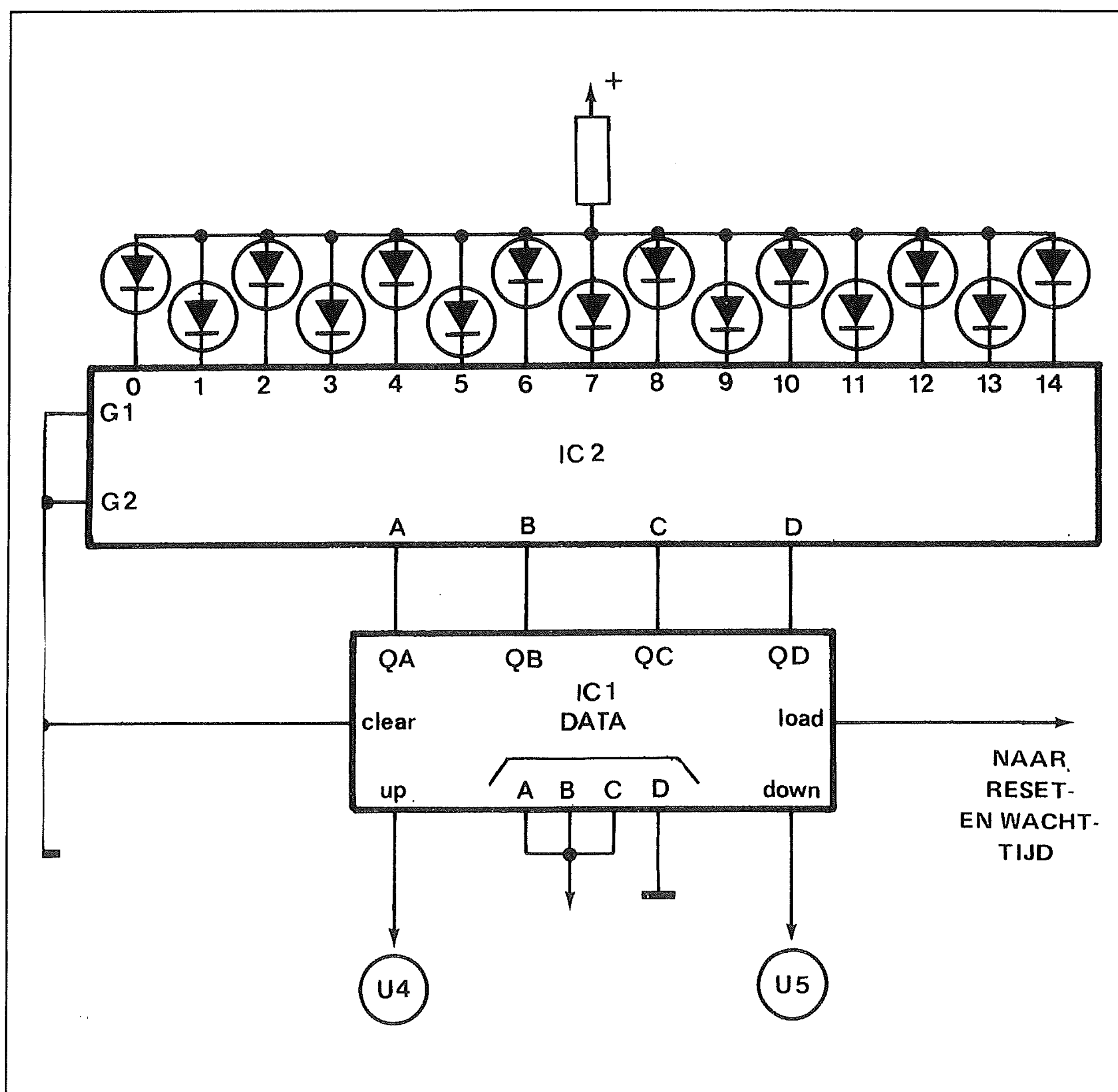


Figuur 4/14.66-9: Het pulsdiagram van de schakeling van figuur 4/14.66-8.

Stel dat drukknop S1 het eerst wordt ingedrukt, zoals ook in de bovenste grafieken van figuur 4/14.66-9 is getekend. Bij het indrukken van de schakelaar ontstaat op de clock-ingang van de bovenste flip-flop een zeer korte puls. Daar de schakeling reageert op overgangen van "H" naar "L" zal eerst bij het einde van deze puls iets gebeuren. Dat "iets" is uiteraard het omklappen van de schakeling. De spanning U_4 wordt dan gelijk aan "L". Het gevolg is dat de J-ingang van de onderste flip-flop eveneens "L" wordt. Daar zowel K als J "L" zijn, zal deze flip-flop niet kunnen reageren op gebeurtenissen op zijn clock-ingang.

Het directe gevolg van deze situatie is dat de tweede speler geen kans ziet zijn of haar flip-flop om te laten klappen. De schakeling reageert immers niet meer op een clock-puls, omdat hij "vergrendeld" is door het "L" worden van de J-ingang.

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-10: Het schema van de teller en zijn uitlezing.

Conclusies

- Eerste conclusie:
  Alleen de speler die het eerst drukt is in staat zijn of haar flip-flop te activeren.
- Tweede conclusie:
  Door de vóórinstelling van J en K zal de flip-flop slechts reageren op de allereerste clock-puls. Het is dus niet noodzakelijk speciale maatregelen te treffen voor het onderdrukken van de contactdender van de schakelaars. Dat is het verschijnsel dat bij het indrukken van een mechanische schakelaar een hele reeks stoorpulsen worden opgewekt, die worden veroorzaakt door het trillen van de contacten tegen elkaar alvorens ze echt goed contact maken. Dit verschijnsel kan in de meeste gevallen voor

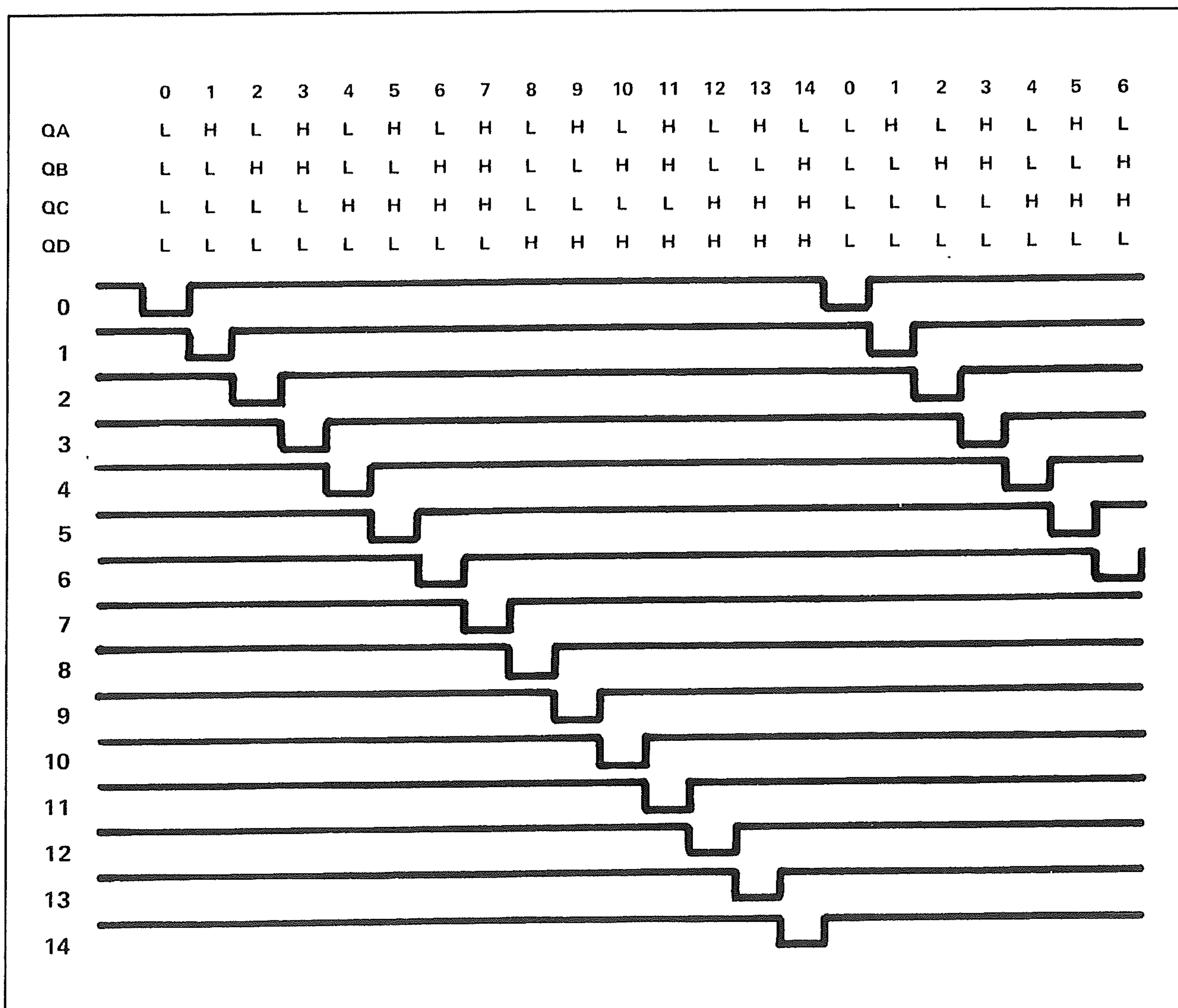
14.66 Elektronisch touwtrekken

een heleboel narigheid zorgen en speciale schakelingen zijn dan noodzakelijk voor het onderdrukken van deze contactdender. Hier zal de speciale schakeling van de J- en K-ingangen alle problemen uit de wereld helpen.
Als de attentie-LED dooft wordt signaal U3 weer gelijk aan “L”. De reset's van de flip-flop's worden geactiveerd en de schakelingen gaan naar de ruststand. De geïnverteerde uitgangen worden weer gelijk aan “H”.

Algemeen besluit
De speler die het eerst zijn of haar drukknop bedient na het aanfloepen van de attentie-LED zal een korte negatieve puls opwekken aan de uitgang van zijn of haar flip-flop. De flip-flop van de minder snelle speler blijft in rust.

De op- en neerteller en de code-omzetter
Deze schakelingen bestaat in feite uit niets meer dan twee IC's. De uitlezing van het spel, het elektronische touw, wordt in één klap mee besproken omdat het een vrijwel geïntegreerd deel uitmaakt van de schakeling van de decoder. De op- en neerteller bestaat uit het reeds besproken IC 74193. De beide clock-ingangen worden uiteraard gestuurd door de uitgangen van de flip-flop's uit de “wie drukt het eerst”-schakeling. De clear is met massa verbonden, omdat het in deze schakeling niet van pas komt de inhoud van het IC uit te wissen. De vier data's worden ingesteld op een bepaald cijfer. Om te kunnen begrijpen welk cijfer dat moet zijn, moet eerst de werking van de decoder worden besproken. De functie van dit reuze-IC (24 pootjes) wordt toegelicht aan de hand van figuur 4/14.66-10.
De 74154 (want zo heet het toegepaste IC) is een schakeling met vier ingangen en 16 uitgangen. Op de vier ingangen wordt de binaire code van de getallen 0 tot en met 15 aangelegd. Dat is een soort BCD-code, maar dan voor grotere getallen dan 9. De vier bovenste rijen uit figuur 4/14.66-11 geven deze binaire code, waarbij de verwantschap opvalt met de reeds vaak besproken BCD-code. De rustpositie van de uitgangen van het IC is “H”. Als op de vier ingangen de binaire code voor getal 11 wordt aangelegd, dan zal uitgang 11 “L” worden. Alle overige uitgangen blijven “H”.
Als men de schakeling van figuur 4/14.66-10 bekijkt dan ziet men dat de LED's van de uitlezing rechtstreeks met de uitgangen van de decoder verbonden zijn. Alleen een serieweerstand begrenst de stroom door de LED's en het IC op een veilige waarde. In het geschetste geval zal de LED, die met uitgang 11 is verbonden, gaan branden. De anode van die LED is immers via de weerstand verbonden met de voedingsspanning. Door de binaire code op de ingangen zal uitgang 11 “L” worden. Er vloeit dus een stroom door de LED, zodat deze oplicht. Alle overige LED's zijn gedoofd, omdat de uitgangen van het IC waarmee ze verbonden zijn “H” zijn, dus op voedingspotentiaal staan.
De uitlezing is opgebouwd uit 15 LED's, netjes op een rij geplaatst. Bij de start van het spel moet de middelste LED gaan branden, dus LED nummer 7. Dat wil zeggen dat in rust uitgang 7 van de decoder “L” moet zijn, dus dat aan de ingangen van dit IC de binaire code voor cijfer 7 moet worden aangelegd.
Nu terug naar de bespreking van de teller. De vier data-ingangen, die de uitgangscombinatie bij de start vastleggen, moeten dus geprogrammeerd worden voor cijfer 7. Dat kan, door A, B en C “H” te maken en D “L”.

14.66 Elektronisch touwtrekken



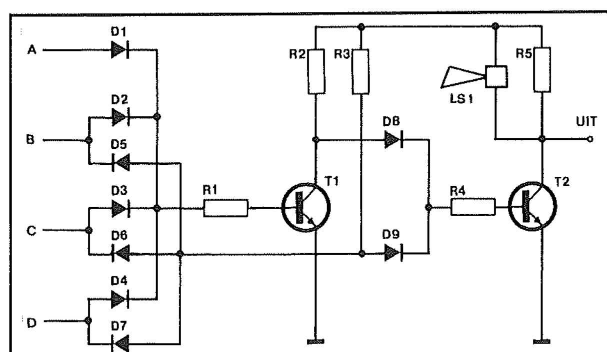
Figuur 4/14.66-11: Het pulsdiagram van de schakeling van figuur 4/14.66-10.

Bij het indrukken van de START-knop wordt de load-ingang van de teller verbonden met massa. De informatie van de data's wordt dan doorgekoppeld naar de uitgangen. Deze binaire code voor cijfer 7 stuurt de ingangen van de decoder. Het gevolg is dat uitgang 7 van dit IC "L" wordt en de middelste LED oplicht.
Voor de rest zal de werking van de schakeling duidelijk zijn. Telkens als de attentie-LED oplicht zal een der beide spelers zijn of haar flip-flop laten omklappen. Dat heeft tot gevolg dat ofwel spanning U_4 ofwel spanning U_5 een korte negatieve puls vertoont. De teller wordt dus ofwel in opwaartse, ofwel in neerwaartse richting gestuurd. De binaire code op de uitgangen van de teller verandert bijgevolg met een eenheid in op- of neerwaartse zin. Dat heeft tot gevolg dat uitgang 7 van het decodeer-IC "H" wordt en dat ofwel uitgang 6, ofwel uitgang 8 "L" wordt. De met deze uitgang verbonden LED gaat branden. De winnende speler heeft de

14.66 Elektronisch touwtrekken

"knoop" in het elektronische touw in zijn of haar richting getrokken.
De ingangen G1 en G2 van de decoder zijn stuuringangen. Deze worden bij deze toepassingen niet gebruikt en worden buiten werking gesteld door ze met massa te verbinden.

De "wie wint"-schakeling
Het schema van het laatste blok uit het blokschema is getekend in figuur 4/14.66-12 en is zonder meer het meest complexe deel van het totale schema. De bedoeling van de schakeling zal duidelijk zijn. Als een der spelers het spel gewonnen heeft (LED 1 of LED 15 gaat dan branden), dan moet deze schakeling een signaaltje opwekken waarmee een zoemer gestuurd wordt. Bovendien moet deze schakeling op dat moment de pulsgenerator tot stoppen dwingen. Vandaar dat een van de blokkeeringangen uit figuur 4/14.66-6 verbonden wordt met de uitgang van deze schakeling.



Figuur 4/14.66-12: Het schema van de "wie wint"-schakeling.

De pulsgenerator zal ophouden met het opwekken van pulsen als een van de blokkeeringangen "L" is. Dat is belangrijk, want daarmee is een van de eisen gedefinieerd die aan de schakeling gesteld moeten worden. Als LED 1 of LED 15 gaat branden moet de uitgang van de schakeling "L" worden. Hoe kan men bepalen of de betreffende LED's branden? Dat is in feite niets meer dan een coïncidentieprobleem. Het branden van de LED's wordt bepaald door de combinatie van "L"- en "H"-signalen, die verschijnt op de uitgang van de op- en neerteller. Als de vier signalen op de uitgang van de teller voldoen aan de binaire code voor "1 " en "15", dan weet men dat het zover is. Het zal dus duidelijk zijn dat de ingang van de "wie wint"-schakeling gestuurd wordt uit de vier uitgangen van de teller.
Allereerst een opmerking, die mogelijke misverstanden uit de weg kan ruimen. LED nummer 1 is verbonden met uitgang 0 van de decoder, LED nummer 15 met uitgang 14. Als men dus wil weten welke logische combinatie bijvoorbeeld LED nummer 15 aan het branden zet, dan moet men in figuur 4/14.66-11 kijken welke combinatie van "L"- en "H"-en uitgang 14 van de decoder "L" maakt.
Wat gebeurt er als LED nummer 1 gaat branden? Uit figuur 4/14.66-11 volgt dat op dat moment alle vier uitgangen van de teller "L" worden. Zo'n eenvoudige combinatie is gemakkelijk te detecteren. In figuur 4/14.66-12 wordt een beroep gedaan op een poort, die is opgebouwd uit vier dioden en een transistortrap. Dat zijn de dioden Dl, D2, D3 en D4 en de transistor T1. Deze laatste is geschakeld als schakelaar en dus in feite als inverter. Als de basis gestuurd wordt (een "H"-signaal op de basis), dan gaat de halfgeleider geleiden en de spanning op de collector wordt nul ("L").
Als LED nummer 1 gaat branden, dan zijn de vier ingangen van de schakeling van figuur 4/14.66-12 "L". De vier dioden geleiden niet, er vloeit geen stroom in de basis van T1. Deze transistor spert, op de

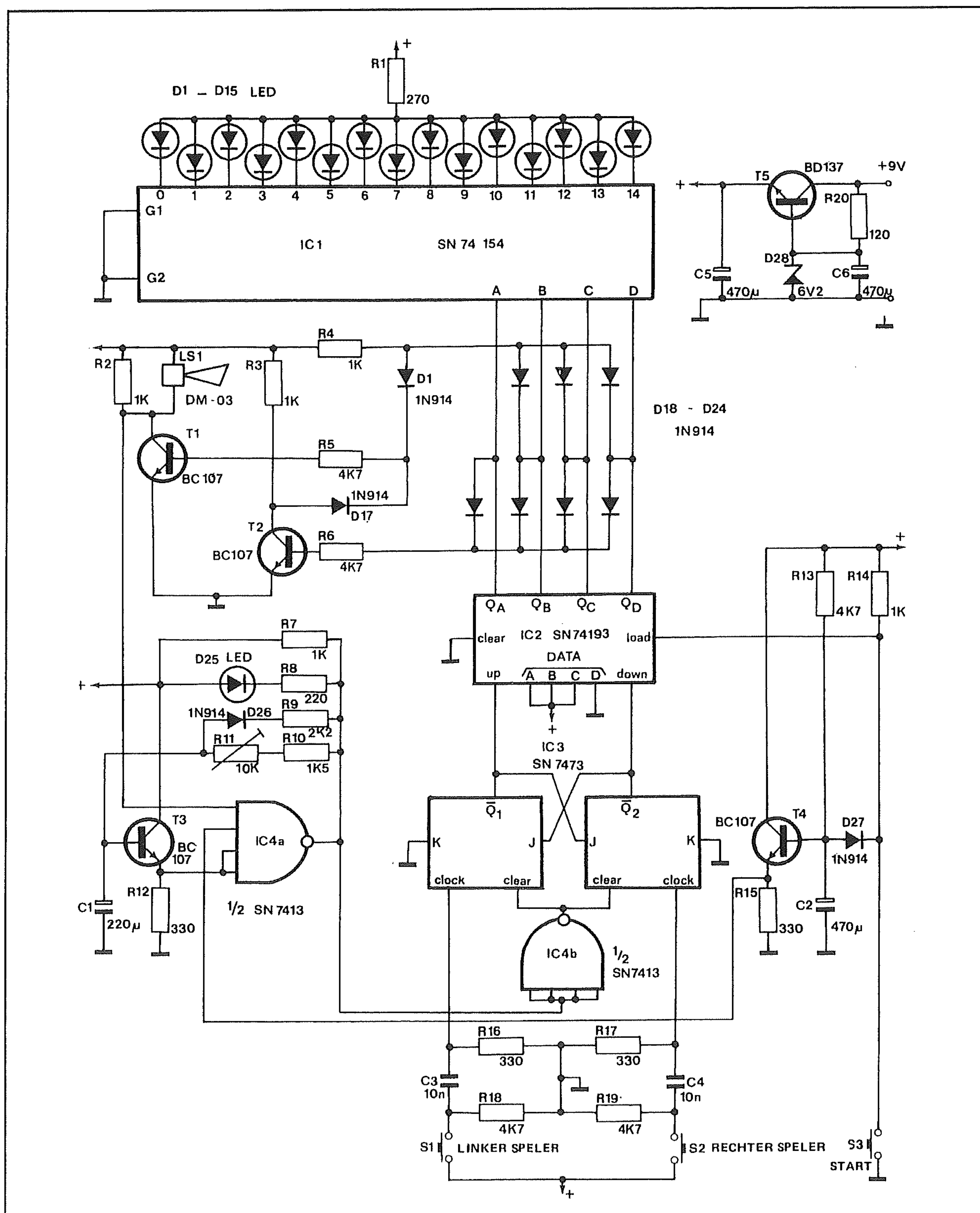
14.66 Elektronisch touwtrekken

collector staat de voedingsspanning. Dit hoge potentiaal brengt via diode D8 en weerstand R4 de tweede transistor in geleiding. De collector wordt met massa verbonden, er is dus een "L"-signaal op terug te vinden. Er is voldaan aan de gestelde voorwaarde. Dit lage niveau stuurt een van de blokkeeringangen van de pulsgenerator en deze legt het loodje. Het spel is uit.
Aan de tweede voorwaarde, namelijk het laten toeteren van een zoemertje, kan in één klap ook voldaan worden. Kijk maar, naast de gewone collectorweerstand R5 heeft T2 ook een elektronisch toetertje LS1 als belasting. Als de halfgeleider gaat geleiden, zal er stroom door de toeter vloeien zodat deze het gewenste lawaai produceert.
Nu het alternatief: wat gebeurt er als LED 15 gaat branden? Uit figuur 4/14.66-11 volgt dat volgende combinatie op de uitgangen van de teller terug te vinden is:
A = "L", B = "H", C = "H", D = "H"
De dioden D5, D6 en D7 zijn verbonden met respectievelijk B, C en D. De anoden van deze onderdelen zijn parallel geschakeld en bovendien via weerstand R3 met de voedingsspanning verbonden. Als alle drie de signalen "H" zijn, dan zullen de dioden sperren. Weerstand R3 stuurt dan via diode D9 een stroom in de basis van T2, zodat deze gaat geleiden. De zoemer gaat aan het werk en de lage collectorspanning stuurt de blokkeeringang van de pulsgenerator. Aan de gestelde voorwaarden is voldaan.
Onderzocht moet worden of alle overige combinaties niet per ongeluk de zoemer aan het werk zetten. Als voorbeeld wordt de situatie behandeld als LED nummer 10 brandt. Uit figuur 4/14.66-11 volgt dat de uitgangen van de teller in dat geval voldoen aan onderstaande combinatie:
A = "H", B = "L", C = "L", D = "H"
Het feit dat uitgang A hoog is, zorgt ervoor dat de eerste transistor van de schakeling uit figuur 4/14.66-12 gaat geleiden. De diode D1 geleidt dan immers, zodat er via weerstand R1 stroom in de basis van transistor T1 vloeit. Deze halfgeleider geleidt, zijn lage collectorspanning zal niet in staat zijn de tweede transistor in geleiding te brengen. Het feit dat uitgang B "L" is brengt met zich mee dat er op het knooppunt van de anoden van de dioden D5, D6 en D7 geen spanning staat. Diode D5 gaat immers geleiden, zodat de onderste aansluiting van weerstand R3 via deze geleidende diode verbonden is met de lage uitgang op B. Transistor T2 kan dus ook niet via D9 in geleiding komen. De spanning op de collector van T2 is "H", de blokkeeringang van de pulsgenerator krijgt een "H" en is buiten werking. Het zal duidelijk zijn dat de zoemer in retraite is. Wie er de moed toe heeft, kan alle overige combinaties onderzoeken en zal dan vaststellen dat die allemaal tot gevolg hebben dat transistor T2 niet geleidt. De schakeling voldoet dus volledig aan de gestelde eisen.

Het volledig schema

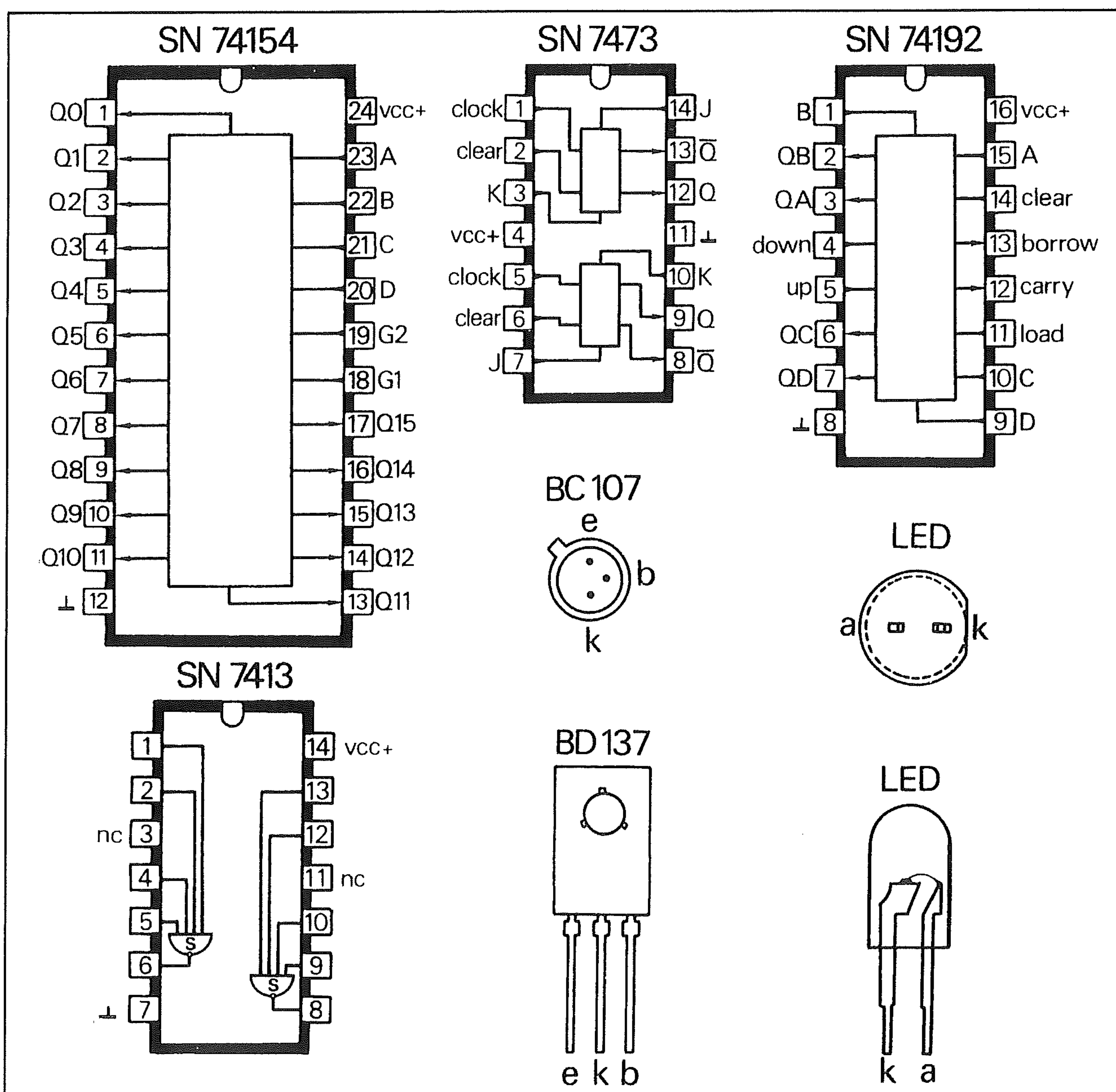
Figuur 4/14.66-13 geeft het volledige schema weer van het spelletje. Wie deze ingewikkelde schakeling voor het eerst onder ogen zou krijgen, zou er waarschijnlijk niets van snappen. Gelukkig dat zo'n complexe digitale schakeling uiteen te rafelen is in een aantal blokken, die afzonderlijk gemakkelijk te begrijpen zijn. In figuur 4/14.66-14 zijn de aansluitgegevens van de toegepaste halfgeleiders voorgesteld. Bij de eindcorrectie van de opgemaakte pagina's werd vastgesteld dat per abuis de 74192 is getekend in plaats van de 74193, de aansluitingen van beide IC's zijn echter identiek.

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-13: Het volledig schema van de schakeling.

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-14: De aansluitgegevens van de halfgeleiders.

Het enige dat nog niet aan de orde is geweest, is de voeding van de schakeling. Deze is in de rechter bovenhoek getekend. Voor het voeden van de schakeling wordt gebruik gemaakt van een 9 V stekervoeding. De TTL IC's verlangen echter een menu van 5 goed afgevlakte volts, vandaar dat door middel van een eenvoudig stabilisatortje aan de culinaire wensen van de gasten tegemoet wordt gekomen. De transistor T5 is als emittervolger geschakeld, waarvan de basis wordt ingesteld op een constante spanning van 6,2 V. Op de emitter verschijnt dus een gestabiliseerde en goed afgevlakte spanning van ongeveer 5,5 V.

14.66 Elektronisch touwtrekken

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	270 Ω
R2,R3,R4,R7,R14	1 kΩ
R5,R6,R13,R18,R19	4,7 kΩ
R8	220 Ω
R9	2,2 kΩ
R10	1,5 kΩ
R12,R15,R16,R17	330 Ω
R20	120 Ω

INSTELPOTENTIOMETER, LIGGEND, 10 x 15 mm

R11	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1	220 µF	16 V printelco
C2,C5,C6	470 µF	16 V printelco
C3,C4	10 nF	MKH

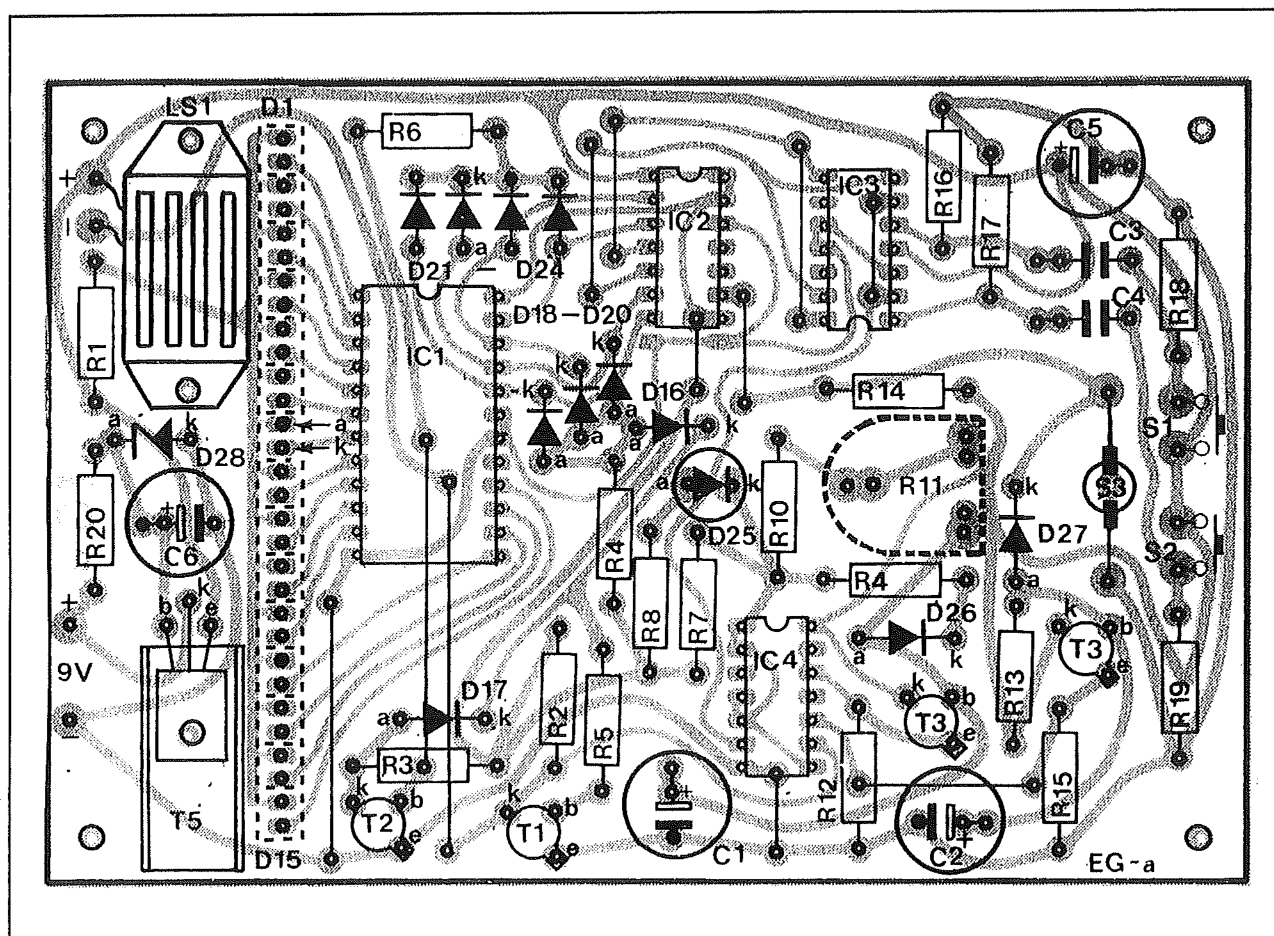
HALFGELEIDERS

D1,D15	LED, rood, 2,5 x 5 mm
D2,D8,D14	LED, geel, 2,5 x 5 mm
D3-D7,D9-D13	LED, groen, 2,5 x 5 mm
D16-D24,D26,D27	1N4148
D25	LED, rood, 5 mm
D28	6,2 V, 400 mW zenerdiode
T1-T4	BC107
T5	BD137
IC1	74154
IC2	74193
IC3	7473
IC4	7413

DIVERSEN

S1,S2	drukknop, maak, moet in de hand gehouden kunnen worden
S3	drukknop, maak, groot model
LS1	mini-buzzer, DM-03 (Monacor)
1	behuizing P3 van Teko
1	koelplaat voor TO-126
6	printsoldeerlipje
2	14-pens IC-voetje
1	16-pens IC-voetje
1	24-pens IC-voetje
4	10 mm afstandsbusje, kunststof
3	M3x10 boutje
4	M3x20 boutje
7	M3 moertje
1	9 V, 250 mA netstekervoeding

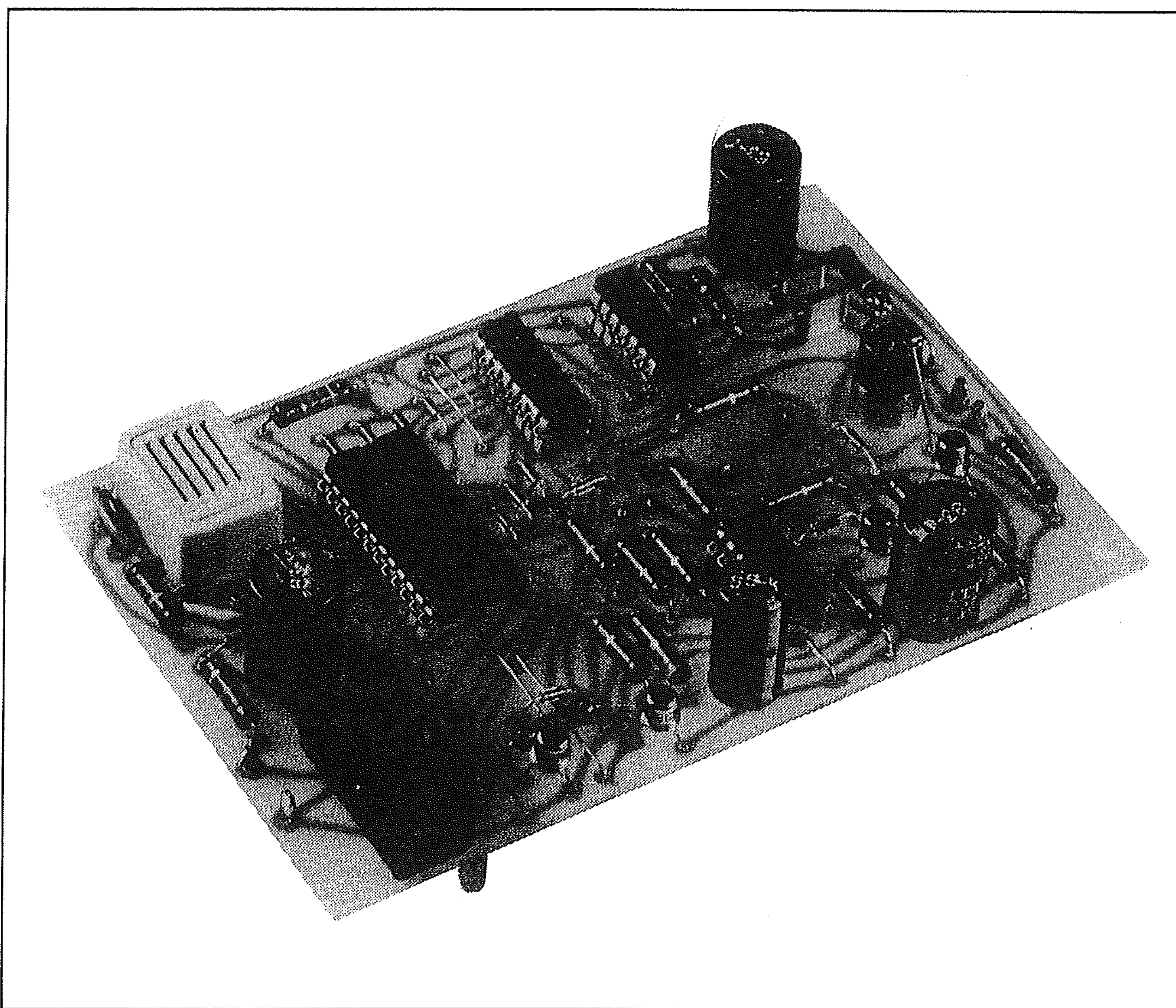
14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-16: De componentenopstelling van de schakeling.

De bouw van de schakeling
De vrij complexe print voor het onderbrengen van de ingewanden van het elektronische spel is getekend in figuur 4/14.66-15 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/14.66-16.
Alle onderdelen, exclusief de twee spelersdrukknoppen, vinden een plaatsje op het oppervlak van de print. Allereerst een opmerking. De koperen eilandjes voor de LED's zijn niet voorzien van boorgaatjes. Dat is geen vergissing maar een noodzaak, omdat deze onderdelen op de koperkant van de print worden gesoldeerd.
In de eerste plaats komen de draadbruggen aan de beurt. Dat zijn er niet minder dan 11! Nadien is het de beurt aan (in volgorde): de zes soldeerlipjes voor de externe aansluitingen, de IC-voetjes, de weerstanden, de dioden, de transistoren en de condensatoren.
Enige speciale onderdelen verdienen wat aandacht. De transistor van de voeding wordt met een klein koellichaampje op de print bevestigd. De zoemer past ook op de print en de twee draadjes worden naar de twee gaatjes in de print geleid. De rode draad moet met de positieve aansluiting op de print verbonden worden! De START-drukknop komt aan de koperkant van de print. Twee korte draadjes zorgen voor de verbinding van de drukknop met de rest van de schakeling.

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-17: De compleet gemonteerde print.

Ook de instelpotentiometer voor het instellen van de knippersnelheid vindt een plaats op de koperzijde. Bij het solderen aan dit onderdeel moet men met een fijne punt werken, zoniet smelt het onderdeel weg. Zowel een kleine, als een grote uitvoering kan gebruikt worden. Nu is het de beurt aan de platte LED's. Deze moeten met de nodige zorg op de print bevestigd worden. De twee buitenste LED's zijn rood, de middelste en de twee op een na buitenste LED's zijn geel. De rest is groen. Denk aan de plaats van kathode en anode!

Het beste kan men de LED's eerst mooi op een rijtje leggen en aan beide zijden voorzien van een strook plakband. Nadien alle aansluitdraden op maat knippen. De rij LED's vormt dan een stabiel geheel en kan op de (vertinde) eilandjes van de print gesoldeerd worden. Eerst de twee buitenste, nadien de LED's mooi lijnen en dan alle aansluitingen op de print solderen. De attentie-LED, een rode 5 millimeter uitvoering, besluit de montage van de print. Ook die komt op de koperkant en wel zo dat hij even hoog

14.66 Elektronisch touwtrekken

boven de print uitsteekt dan zijn platte broers.
De print is nu klaar voor inbouw in het kastje, figuur 4/14.66-17 geeft een impressie van de compleet gemonteerde print.

De inbouw
Zoals reeds geschreven is de print ontworpen voor inbouw in een Teko P3 kastje. Als extra service hebben wij op de op één na laatste pagina van dit hoofdstuk een afdruk van het frontje op ware grootte afgedrukt, zie figuur 4/14.66-18. De achtergrond van het frontje is echter met opzet enigszins groter gemaakt dan het aluminium plaatje van die kast, zodat het ook is te gebruiken voor enigszins afwijkende kastjes. Het afdrukje wordt op maat gesneden en op het aluminium frontje gelegd. Door middel van een mesje wordt nu de juiste plaats voor de verschillende gaten afgetekend. Nadat het frontje geboord is (de gleuf voor het "touw" uitgevijld of gezaagd) wordt het afdrukje op het plaatje geplakt. Nadien kan de print op het frontje geschroefd worden door middel van 10 millimeter afstandsbussen en het nodige montagemateriaal. Als alles goed is, passen de verschillende onderdelen exact in de gaatjes. In het kastje worden aan de zijkanten twee gaatjes geboord voor de draden van de spelers drukknoppen en aan de achterzijde een gat voor de voedingskabel.
Een idee van het prototype geeft de foto van figuur 4/14.66-19.

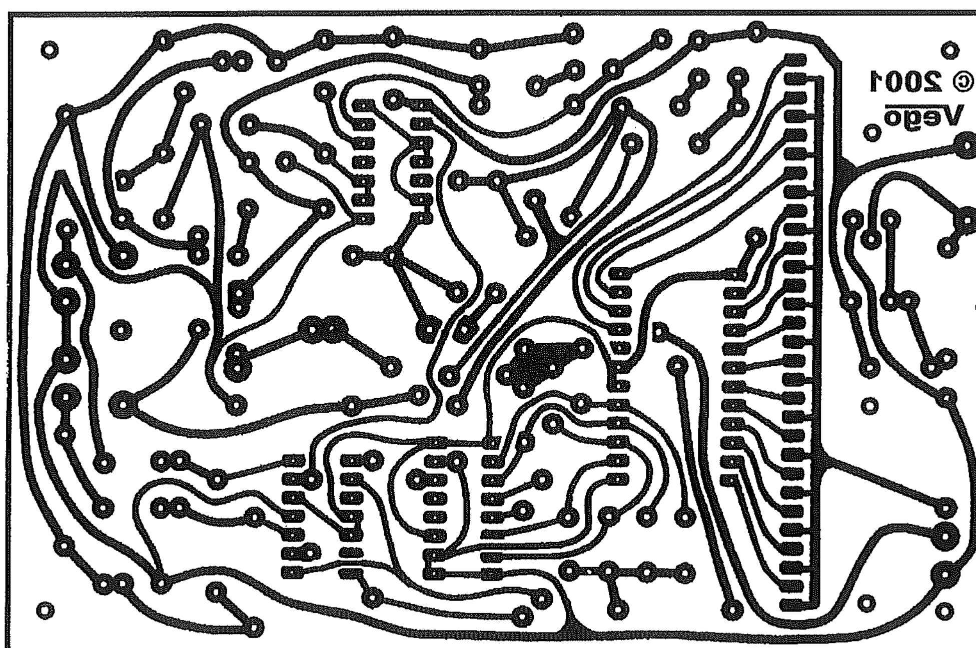


Figuur 4/14.66-19: Het prototype van de schakeling.

De spelers drukknoppen laten wij aan de verbeelding van de nabouwer over! Koop wél goede kwaliteit drukknoppen, de ervaring met het prototype van het spel heeft geleerd dat de meeste drukknoppen na intensief gebruik er de brui aan geven en slechte contacten tot gevolg hebben.

14.66 Elektronisch touwtrekken

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-15: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

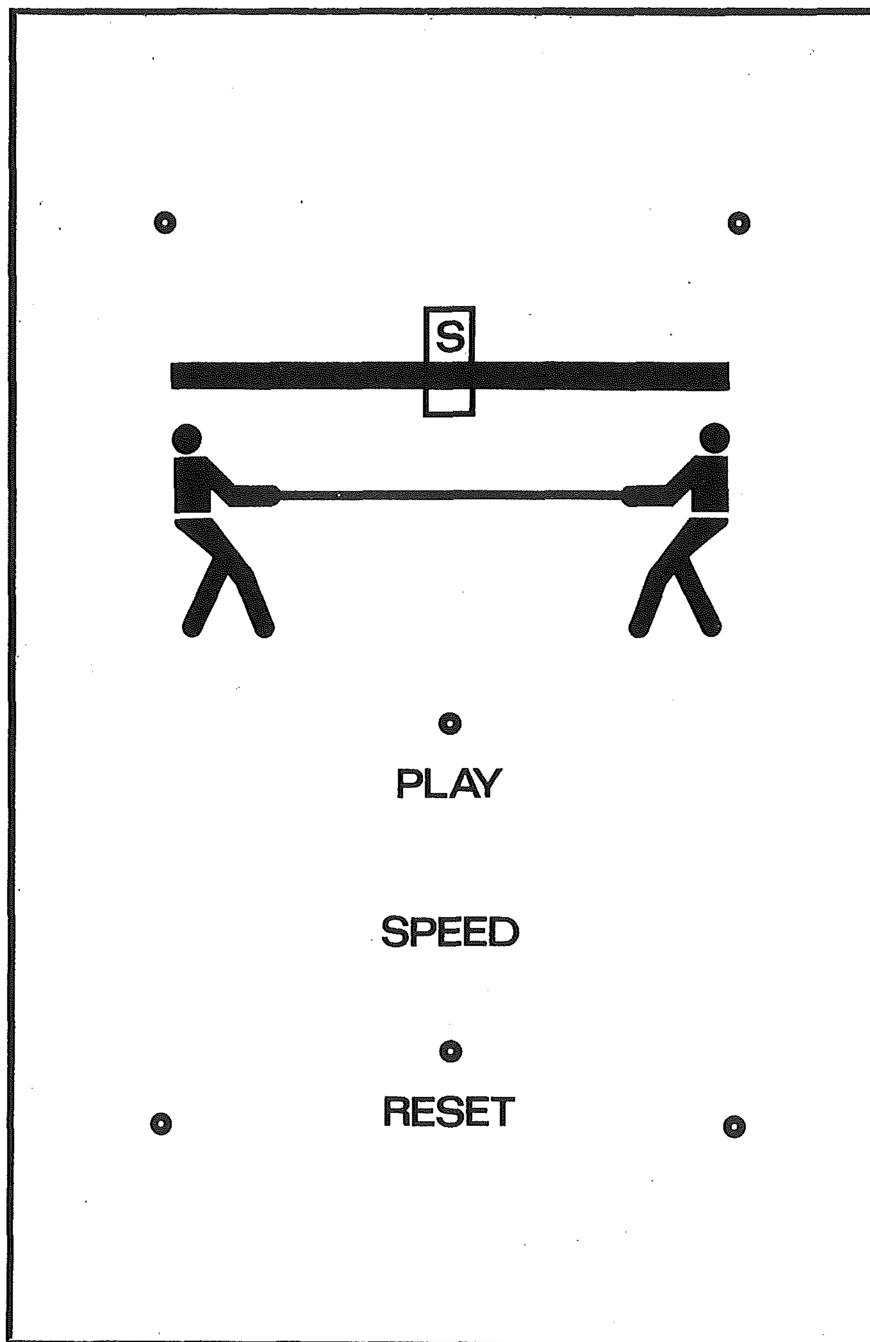
OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby/** en selecteert uit het hoofdmenu het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.66 Elektronisch touwtrekken



Figuur 4/14.66-18: Het frontplaatje voor het Teko-kastje.

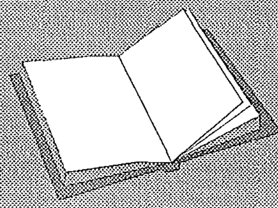
4/14.67

Meeluister versterker voor de telefoon

Inleiding
Moderne telefoontoestellen zijn uitgerust met allerlei snufjes, waaronder een meeluister faciliteit. Het binnenkomende gesprek wordt versterkt en weergegeven via een ingebouwde luidspreker. Maar er zijn natuurlijk nog genoeg oude en goedkope telefoons in gebruik die deze handige utility missen. Zeker als men naar verre landen belt kan het gebeuren dat de kwaliteit van de verbinding niet optimaal is. Als men dan bovendien vanuit een tamelijk rumoerige ruimte telefoneert kan men niets verstaan. Een luidsprekende telefoon zou dan van pas komen. Maar er zijn ook nog andere voorbeelden te verzinnen waarbij een luidsprekende telefoon een nuttige uitbreiding is. Denk bijvoorbeeld maar aan een gesprek met een ver familielid, waarbij het gehele gezin de conversatie kan volgen als men gebruik maakt van een luidsprekende telefoon.
Dank zij deze kleine schakeling kan men toestellen die niet zélf zijn voorzien van zo'n luidsprekende functie "opwaarderen", om maar eens in IT-termen te praten.

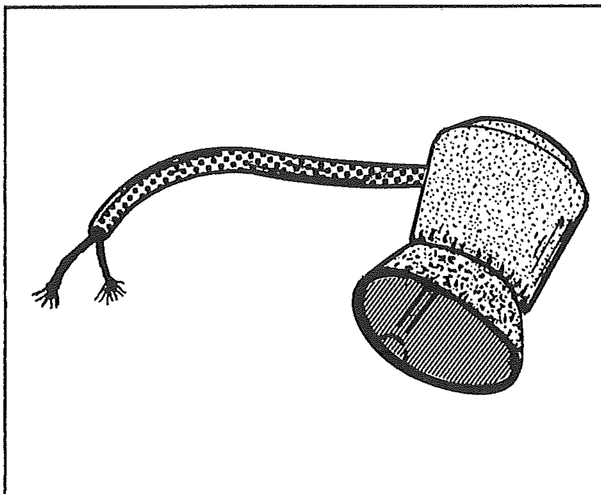
Het principe
Het versterken van het lijnsignaal van de PTT-lijn kan op twee manieren gebeuren. Op de eerste plaats kan men via een scheidingstrafootje het audiosignaal van de PTT-lijn aftappen en aanbieden aan de ingang van een eindversterkertje. Dit heeft als nadeel dat alles wat op de lijn komt, dus bijvoorbeeld ook kiestoontjes en de eigen spraak, versterkt wordt. Op de tweede plaats kan men alleen het inkomende gesprek versterken. De standaard procedure daarvoor is een zelfklevend spoeltje in de buurt van het luidsprekertje van de hoorn te bevestigen.
Deze zogenaamde oppikspoeltjes zijn in diverse uitvoeringen op de markt. In figuur 4/14.67-1 is bijvoorbeeld een Hapé spoeltje voorgesteld dat is voorzien van een rubber zuignapje en dat op de hoorn kan worden gekleefd. Het spreekspoeltje van de luidspreker straalt een magnetisch veld uit dat gemoduleerd is met het binnenkomende signaal. Een deel van dit magnetisch veld wordt opgepikt door de spoel en wekt in de windingen een inductiespanning op. Deze kan op de normale manier versterkt worden. Nadeel van dit systeem is dat men de oppikspoel op een

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 4/14.57



14.67 Meeluister versterker voor de telefoon

vrij onhandige plaats op de hoorn moet aanbrengen en er van de hoorn een tweede kabeltje naar het toestel gevoerd moet worden. Groot voordeel van dit systeem is echter dat de versterker alleen het signaal toegevoerd krijgt dat echt nuttig is, namelijk datgene dat aan de andere kant van de lijn in de microfoon wordt ingesproken, Kiestoontjes worden in de telefoon kortgesloten en wekken dus geen magnetisch veld op in de luidspreker van de hoorn. Ook de eigen stem wordt niet aan de eigen luidspreker aangeboden en de eigen stem wordt dus niet versterkt.



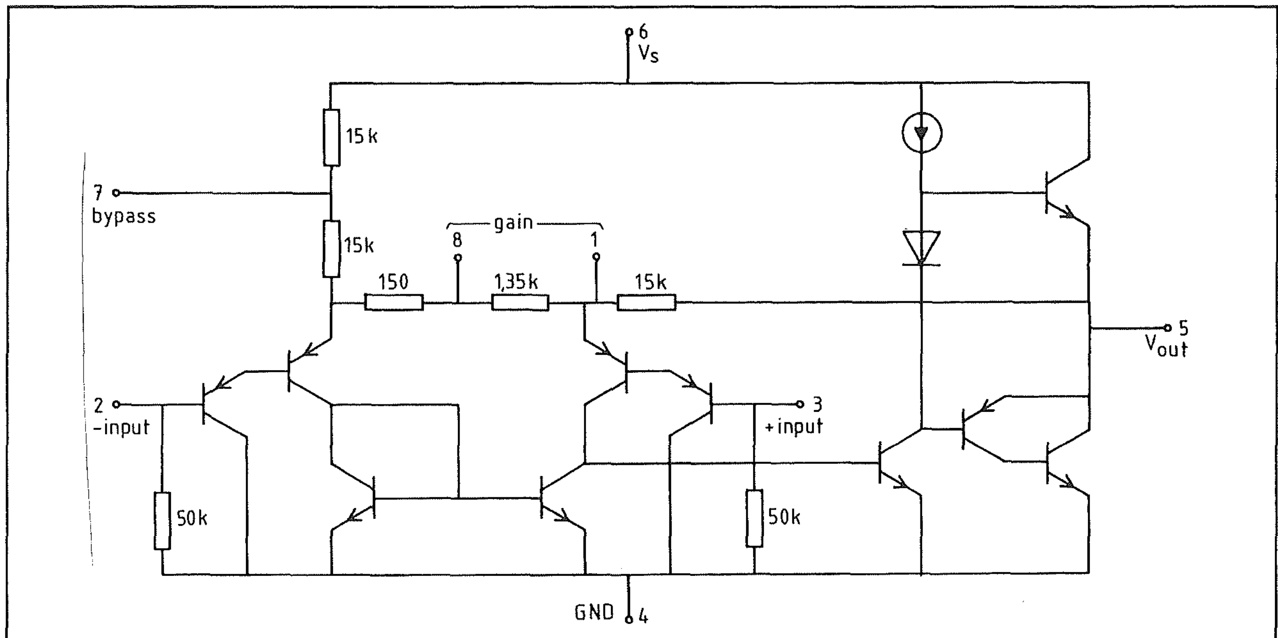
Figuur 4/14.67-1: Eén van de vele uitvoeringen van oppikspoeltjes die in de handel zijn.

In dit hoofdstuk wordt een kleine eindversterker beschreven, die zowel via een oppikspoeltje elektromagnetisch met de luidspreker in de hoorn gekoppeld kan worden als via de in hoofdstuk 4/14.57 beschreven schakeling rechtstreeks op de lijn kan worden geschakeld. Het grote voordeel van het tweede systeem is dat de versterker zichzelf automatisch inschakelt op het moment dat de hoorn van de haak wordt genomen en zichzelf ook weer automatisch uitschakelt als de verbinding verbroken wordt. Er kan dus geen sprake zijn van lege batterijen als gevolg van het vergeten uit te schakelen van de versterker! Nadeel is echter dat de versterker de kiestoontjes versterkt die op de lijn worden gezet als men zelf een verbinding tot stand brengt. Bovendien wordt ook de eigen stem versterkt wat tot gevolg kan hebben dat de schakeling gaat rondzingen als men het volume te hard zet of de luidspreker op een ongelukkige plaats opstelt.
Iedere gebruiker van deze schakeling moet maar zélf bepalen wat het meest handige systeem wordt gevonden.

De eindversterker LM386

In principe zou men een 1 W versterkertje met enige transistoren kunnen samenstellen. Waarom echter deze moeite doen als er tegenwoordig volledige versterkertjes in DIL-8 IC'tjes worden aangeboden? De LM386 van NatSemi is zo'n kleine geïntegreerde eindversterker en deze werd uitverkoren om in onze schakeling de hoofdrol te spelen. Waarom uitverkoren? Omdat deze schakeling speciaal is ontworpen voor batterijvoeding en in rust erg weinig stroom wordt verbruikt. De interne schakeling van dit IC is getekend in figuur 4/14.67-2.
Het IC'tje bevat een verschilversterker en een zeer eenvoudige semicomplementaire eindtrap. Groot voordeel is dat men de ingangen zonder scheidingscondensator rechtstreeks met het signaal kan verbinden. De ingangen worden intern door middel van weerstanden van 50 kΩ naar de massa automatisch ingesteld. Door de PNP-transistoren kan men het signaal symmetrisch ten opzichte van de massa aanbieden. Hoewel de schakeling is ontworpen voor enkelvoudige positieve voeding kan men toch negatieve signalen aanbieden.

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon

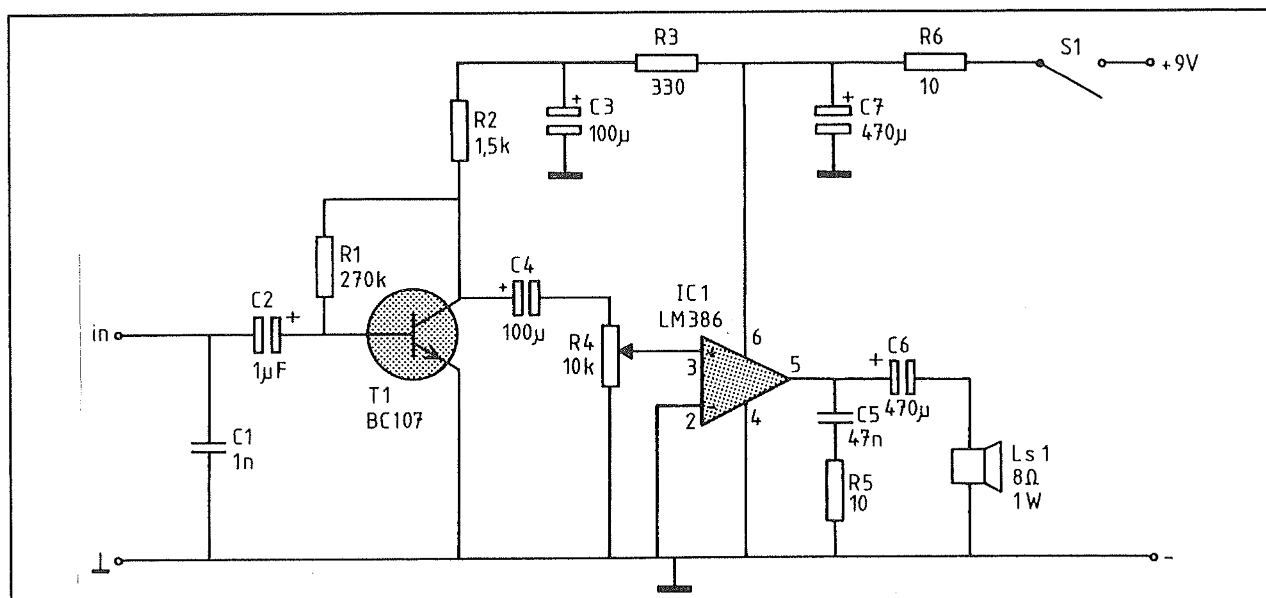


Figuur 4/14.67-2: Het intern schema van de LM386.

De ingangsspanning moduleert namelijk de basisstroom van de eerste transistor en een negatieve spanning op de ingang heeft alleen maar tot gevolg dat de basisstroom stijgt en verder niets. Het IC kan gevoed worden uit een batterijtje van 9 V en trekt dan in rust slechts 4 mA.
Bij deze voedingsspanning kan de schakeling 700 mW leveren aan een luidsprekertje van 8 Ω bij een vervorming van 10 %. Dat is tamelijk veel, maar voor deze toepassing zonder meer toelaatbaar. Door middel van de interne terugkoppeling wordt de versterking ingesteld op 20 oftewel 26 dB. Men kan echter een van de terugkoppelweerstanden (aangesloten tussen de pennen 1 en 8) overbruggen waardoor de versterking gaat toenemen tot 46 dB. Bij experimenten is echter gebleken dat de schakeling dan tamelijk onstabiel wordt en er grote kans bestaat op oscillatie. Vandaar dat in deze toepassing het IC op zijn minimale versterking wordt ingesteld en de extra versterking door middel van een afzonderlijk transistortrapje wordt gerealiseerd.

Het praktische schema
Het praktische schema van de meeluister versterker is getekend in figuur 4/14.67-3. De ingang gaat via een scheidingscondensator C2 rechtstreeks naar de basis van de voorversterker T1. Deze transistor is op de meest eenvoudige manier ingesteld door middel van een terugkoppelweerstand tussen de collector en de basis. Deze weerstand zorgt ervoor dat in rust de collector op ongeveer de helft van de voedingsspanning staat ingesteld.
Omdat batterijen een tamelijk grote inwendige weerstand hebben en de variërende stroom die de eindversterker trekt een grote rimpel op de batterij tot gevolg kan hebben is het noodzakelijk de voedingsspanning voor de voorversterker goed te ontkoppelen.

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon



Figuur 4/14.67-3: Het praktisch schema van de meeluister versterker.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	270 kΩ	
R2	1,5 kΩ	
R3	330 Ω	
R5,R6	10 Ω	

INSTELPOTENTIOMETER, 10 x 15

R4	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1	1 nF	MKH
C2	1 µF	16 V printelco
C3,C4	100 µF	16 V printelco
C5	47 nF	MKH
C6,C7	470 µF	16 V printelco

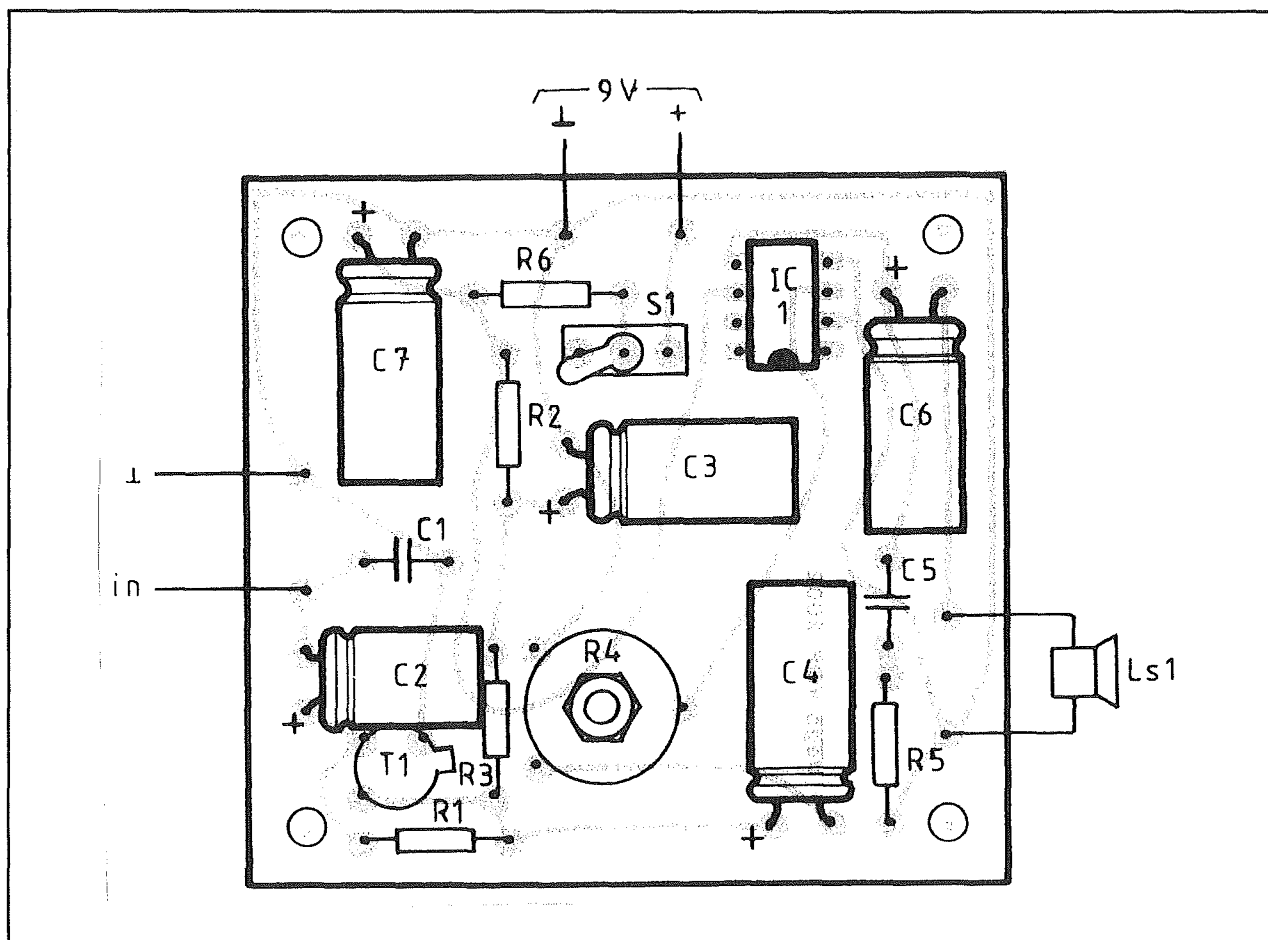
HALFGELEIDERS

T1	BC107
IC1	LM386

DIVERSEN

1	luidspreker, 8 Ω, 1 W
1	asje voor instelpotentiometer
1	tuimelschakelaar, 1 x OM
1	IC-voetje, 8 pennen
6	printsoldeerlipje

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon



Figuur 4/14.67-5: De componentenopstelling van de print.

Vandaar twee RC-netwerkjes tussen de batterij en de voeding van de transistor. R6-C7 en R3-C3 vormen twee afvlakfilters die tot taak hebben eventuele rimpel op de batterijspanning zo goed mogelijk te onderdrukken. De versterkte spanning op de collector wordt via de scheidingscondensator C4 aangeboden aan de volumepotentiometer R4. De loper van dit onderdeel gaat rechtstreeks naar de niet-inverterende ingang van de geïntegreerde eindversterker. De inverterende ingang op pen 2 gaat naar de massa. De uitgang van de LM386 wordt afgesloten met een stabilisatienetwerkje C5-R5 en de serieschakeling van de scheidingscondensator C6 en de luidspreker van 8 Ω.

De bouw van de versterker

De versterker wordt ondergebracht op de print van figuur 4/14.67-4 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. Zoals steeds kan het ontwerp worden gedownload uit de "HE&IC"-site www.vego.nl/hobby.

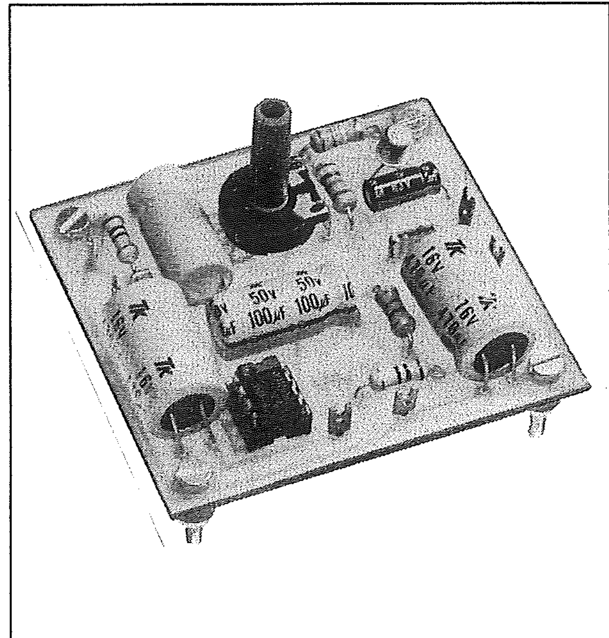
Zoals uit de componentenopstelling van figuur 4/14.67-5 blijkt zijn alle elektrolytische condensatoren uitgevoerd onder de vorm van printtypen, die plat op de print worden gemonteerd. De volumeregelaar is uitgevoerd als liggende instelpotentio-

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon

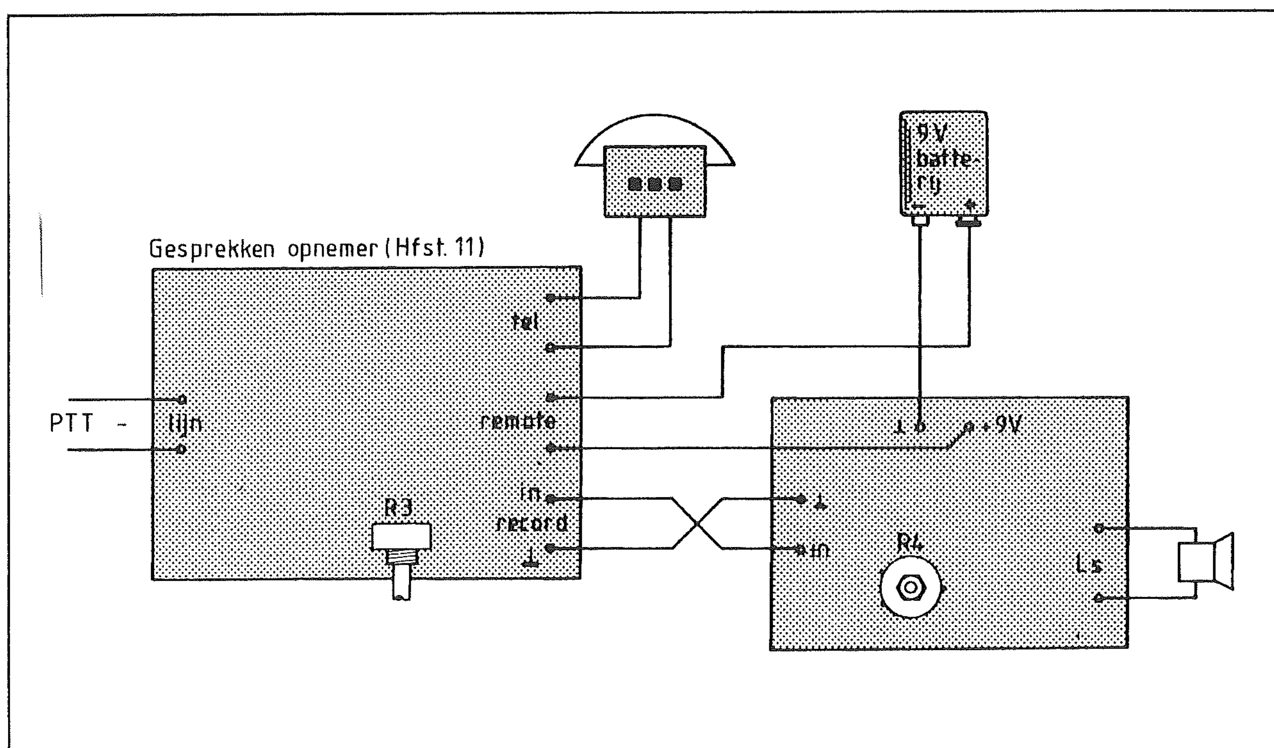
meter. De enkelvoudige omschakelaar S1 kan rechtstreeks op de print worden gemonteerd als men eerst aan de drie aansluitlipjes stevige draadjes soldeert en deze nadien door de gaatjes van de print drukt. De kant-en-klare schakeling, voorgesteld in figuur 4/14.67-6, vormt een zeer plat geheel en kan samen met een klein luidsprekertje en een 9 V batterij in een klein kastje worden ondergebracht.

De versterker in de praktijk

Als men kiest voor de optie met oppikspoeltje moet het kabeltje van dit onderdeel aan de ingang van de versterker worden gesoldeerd. Let daarbij op de juiste plaats van massa en hete ingang! Men belt vriend of vriendin op en verplaatst de spoel op de hoorn tot de plaats gevonden is die het sterkste signaal levert.



Figuur 4/14.67-6: De kant-en-klare schakeling is klaar voor inbouw in een kastje.



Figuur 4/14.67-7: Met de combinatie van de schakelingen uit de hoofdstukken 4/14.57 en 4/14.67 kan men de opnemer automatisch in en uit laten schakelen.

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon

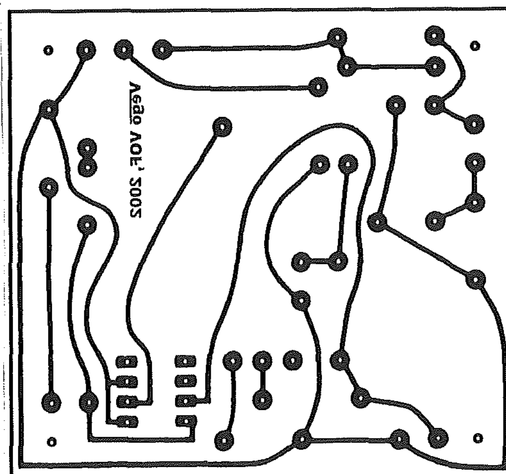
De automatische optie

Als men de voorkeur geeft aan de volautomatische optie heeft men de print van de in hoofdstuk 4/14.57 beschreven schakeling nodig. De twee printen worden volgens het schema van figuur 4/14.67-7 met elkaar, de telefoon, de PTT-lijn, de luidspreker en de batterij verbonden. Bij deze optie heeft men de tuimelschakelaar op de print uiteraard niet nodig, vergeet echter niet dat de twee printeilandjes waarin de schakelaar gezeten heeft wel overbrugd moeten worden!

De normaal open contacten van het relais op de opnemerprint worden gebruikt als vervanger voor de tuimelschakelaar en dus opgenomen tussen de plus van de batterij en de voedingsaansluiting van de versterkerprint. De secundaire van de scheidingstrafo stuurt nu de ingang van de versterker. Beide printen bevatten een volumeregelaar, namelijk R3 op de print van de opnemer en R4 op de print van de versterker. Men moet experimenteel de beste instelling van deze onderdelen bepalen.

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon



Figuur 4/14.67-4: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.67 Meeluister versterker voor de telefoon

4/14.68
Automatische telefoon omschakelaar

Inleiding

Iedereen heeft tegenwoordig twee telefoontoestellen in huis. Spotgoedkope elektronische toestellen worden in allerlei vormen op iedere hoek van iedere straat aangeboden en waarschijnlijk hebben er al miljoenen van deze apparaatjes een eigenaar gevonden. Aansluiten is kinderlijk eenvoudig: de twee draadjes op de twee aders (a) en (b) van de PTT-lijn schakelen en klaar is kees. De elektronica staat dan gewoon parallel over het eerste toestel, een situatie die om diverse redenen niet ideaal is.
Deze parallelschakeling heeft een aantal nadelen. Op de eerste plaats kan het gebeuren dat de zoemer in het eerste toestel zachtjes gaat brommen als men met het tweede toestel een nummer kiest. Op de tweede plaats kan men het gesprek met het tweede toestel afluisteren, zodat het nauwelijks nog met fatsoen mogelijk is telefonisch te roddelen over medebewoner!
De officiële door de PTT ondersteunde systemen om twee apparaten op één lijn aan te sluiten vragen een heleboel bedrading in huis en zijn tamelijk ondoorzichtig. Bovendien zijn een aantal van deze systemen eenvoudig niet uit te voeren met de goedkope tweedraads apparaten. Hetgeen tot gevolg heeft dat men de onbevredigende situatie maar verder laat woekeren. Maar dit hoeft nu niet meer!

Eenvoudig elektronisch alternatief

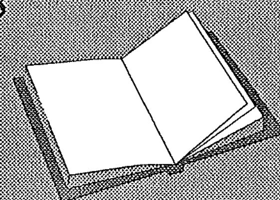
Met de in dit hoofdstuk beschreven eenvoudige schakeling, die uit welgeteld 14 elektronische onderdelen bestaat, kan men een ideaal parallel systeem realiseren, dat bovendien de eenvoud zelf is.
Het printje heeft zes aansluitingen, twee daarvan ontvangen de PTT-lijn, twee gaan naar toestel 1, de twee laatste naar toestel 2.

Specificaties

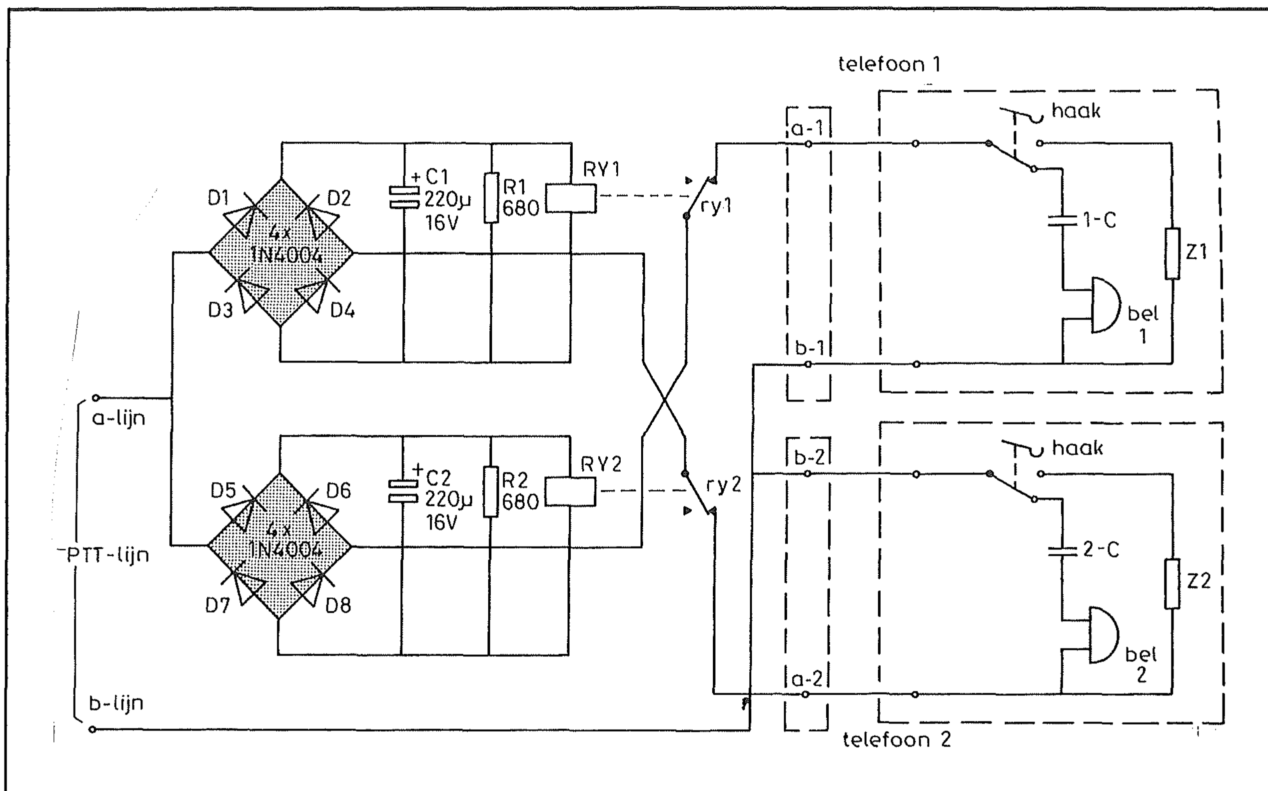
Het schakelingetje biedt de volgende mogelijkheden:

- Bij een inkomend gesprek gaan de zoemers in beide toestellen aan het werk.
- Het toestel dat het eerst wordt opgenomen neemt het gesprek aan en schakelt het tweede toestel uit, zodat afluisteren is uitgesloten.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 4/14.58



14.68 Automatische telefoon omschakelaar



Figuur 4/14.68-1: Het volledig schema van de telefoonomschakelaar.

- Men kan het gesprek omzetten naar de tweede telefoon door eerst deze te laten opnemen en nadien bij nummer 1 de hoorn op de haak te leggen.
- Bij een uitgaand gesprek schakelt de telefoon die het eerst wordt opgenomen de tweede uit, zodat de zoemer niet meezingt met de kiestonen.

Het schema

Hoewel het schema van deze automatische omschakelaar zeer eenvoudig is, kijk naar figuur 4/14.68-1, vergt het toch enige studie om de werking te doorgronden. In feite draait ook hier alles om het basisidee achter het automatisch telefoonverkeer.

In rust, dus met hoorn op de haak, staat er een condensator in serie tussen de aansluitingen van de telefoon en heeft het apparaat een oneindig hoge gelijkstroomweerstand. Neemt men de hoorn op, dan schakelt de interne haakschakelaar een resistieve belasting tussen de aansluitingen a en b en valt de gelijkstroomweerstand van het apparaat dus terug tot een meetbare waarde.

Het gevolg is dat er door de keten een gelijkstroom gaat lopen, omdat er in de centrale een gelijkspanning tussen de aders (a) en (b) wordt aangesloten.

In het schema van figuur 4/14.68-1 zijn de twee relaisschakelaars in rust getekend, dus in de positie die zij hebben bij niet bekrachtigd relais. De werking is het gemakkelijkst te doorgronden door de stroomloop in het schema na te gaan in verschillende situaties.

14.68 Automatische telefoon omschakelaar

- Situatie 1: beide toestellen in rust
  De haakschakelaars staan in de getekende stand, de belcondensator is in de keten opgenomen, er vloeit geen gelijkstroom door de telefoons. Omdat de (b)-aansluitingen van de telefoons rechtstreeks verbonden zijn met de (b)-aansluiting van het net, is het volledige systeem stroomloos, een eis die door de PTT wordt gesteld.
- Situatie 2: er wordt gebeld
  Er wordt een wisselspanning op de lijn gezet. Stel dat lijn (a) positief is ten opzichte van lijn (b). Er vloeit een stroom via D1, C1, D4, Sy-2, a-2, BEL-2, 2-C, b-2 naar lijn (b). De zoemer van de onderste telefoon wordt dus geactiveerd. Op dezelfde manier kan men de stroomloop voor de bovenste telefoon nagaan, men zal vaststellen dat het wisselspanningssignaal via de bruggelijkrichter D5-D8, condensator C2 en schakelaar Sy-1 naar telefoon-1 wordt geleid. Als de polariteit van de wisselspanning omkeert heeft dit enkel tot gevolg dat de overige dioden in de twee bruggen gaan geleiden. Kortom: beide telefoons gaan zoemen!
- Situatie 3: telefoon 1 wordt opgenomen
  De haakschakelaar staat in de bovenste stand, de resistieve/inductieve belasting Z-1 wordt tussen a-1 en b-1 geschakeld. Het gevolg is dat er een gelijkstroom door Ry-2 gaat vloeien, waardoor het relais bekrachtigd wordt en schakelaar Sy-2 opent. Telefoon 2 wordt uit de schakeling verwijderd.
- Situatie 4: overzetten gesprek
  Eerst wordt telefoon 2 opgenomen, waardoor Z-2 in keten wordt geschakeld. Omdat Sy-2 nog steeds geopend is heeft dat verder nog geen gevolg. Nadien legt men bij telefoon 1 de hoorn op de haak. Z-1 wordt uitgeschakeld, de stroom die Ry-2 deed aantrekken valt weg. Op het moment dat Sy-2 weer sluit vloeit er echter stroom door telefoon 2, afkomstig van de brug D1-D4 en relais Ry-1. Dit relais komt op, Sy-1 opent, telefoon 1 wordt losgekoppeld. Telefoon 2 neemt de verbinding over. Het omschakelen van de relais gaat zo snel dat de verbinding niet verbroken wordt.

ONDERDELENLIJST

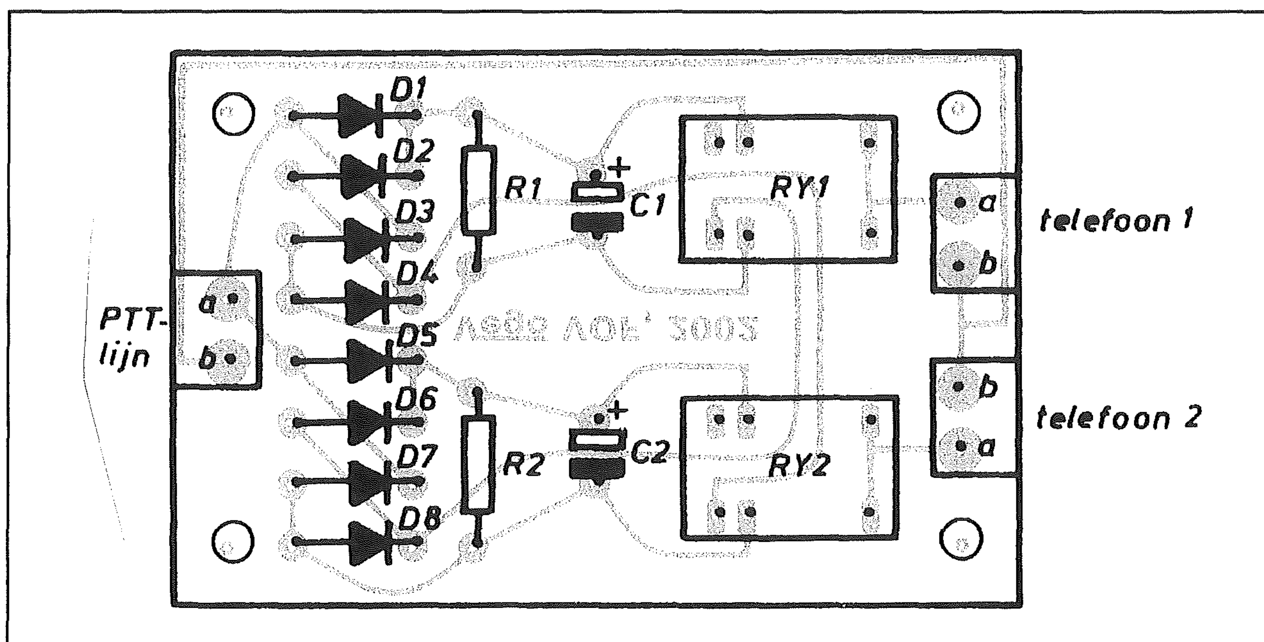
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %
R1,R2 .... 680 Ω

CONDENSATOREN
C1,C2 .... 220 µF 25 V printelco

HALFGELEIDERS
D1-D8 .... 1N4004

DIVERSEN
2 .... 12 V printrelais, zie tekst
3 .... printkroonsteentje, tweepolig

14.68 Automatische telefoon omschakelaar



Figuur 14/4.68-3: De componentenopstelling van de schakeling.

De bouw van de schakeling

De schakeling wordt ondergebracht op het printje van figuur 4/14.68-2, op de laatste pagina van dit hoofdstuk. Het ontwerp van deze print is te downloaden van de "HE&IC"-site www.vego.nl/hobby. De onderdelen kunnen volgens figuur 4/14.68-3 een plekje op de aan hun toegewezen plaats opzoeken. Uiteraard zijn de relais geen standaard onderdelen. De standaard kamrelais, die in iedere onderdelenhandel wel van het een of ander fabrikaat verkrijgbaar zijn en die gestandaardiseerde aansluitingen hebben zijn namelijk niet gevoelig genoeg voor deze toepassing. In het prototype werden relais van het fabrikaat Meisei toegepast, met een spoelweerstand van 700 Ω, een aanspreekspanning van ongeveer 7 V en een afvalspanning van ongeveer 1,5 V. Deze miniatuur relaitjes zijn zo gevoelig dat zij al aanspreken bij een spoelstroom van minder dan 10 mA! Het is uiteraard mogelijk afwijkende modellen van andere fabrikanten te gebruiken, voor zover althans de opgegeven specificaties overeen stemmen. Figuur 4/14.68-4 geeft de aansluitcode van de M3S relais op de print zodat het zonder spoorzoekerij mogelijk is andere modellen door middel van draadjes met de print te verbinden.

In figuur 4/14.68-5 is het compleet gemonteerde prototype van de schakeling voorgesteld.

De relais

Wie de in het prototype toegepaste Meisei relais niet kan vinden kan baat hebben bij onderstaand lijstje, waarin een aantal equivalente relais van andere fabrikanten wordt opgesomd.

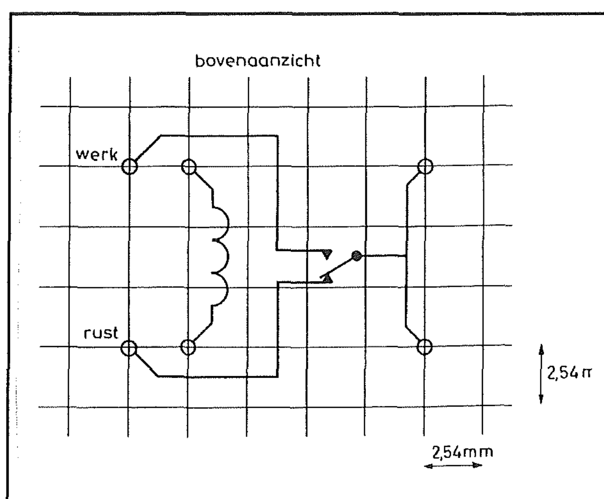
- Siemens

  Siemens levert onder verzamelcode V23101 een aantal miniatuur relais, waarvan één type het M3-1 2H exemplaar van Meisei zonder problemen kan vervangen. De V23101-A6-A101 heeft echter een spoelweerstand van 320 Ω in plaats van 700 Ω en het is dan waarschijnlijk niet noodzakelijk de

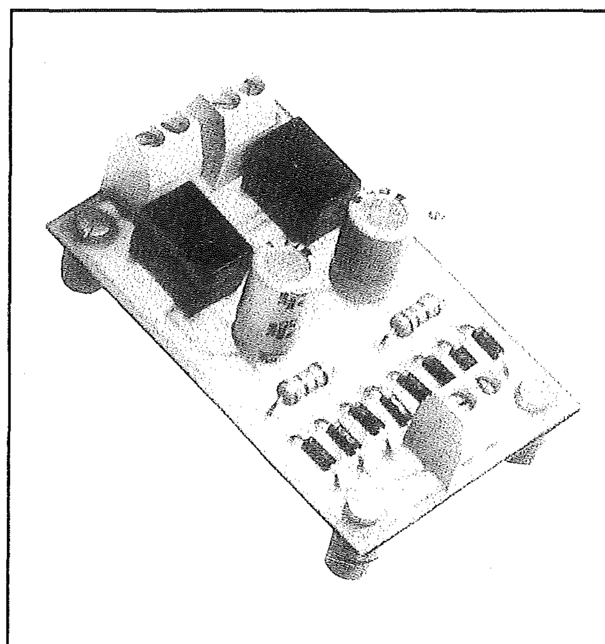
14.68 Automatische telefoon omschakelaar

weerstanden van 680 Ω parallel te schakelen over de relaisspoelen.

- Original
  Een niet zo bekende relaisfabrikant, die echter onder code OUA-SS-112D-12V een volledig compatibel relais levert. Enig verschil is dat het relais één aansluiting minder heeft, omdat het moedercontact slechts eenmaal naar buiten is gevoerd.
  Bij het ontwerp van de print is hier echter rekening mee gehouden en men kan de Original uitvoering zonder meer toepassen.
- SAX
  Fabrikant SAX uit Singapore levert een identiek relais onder code 211CD012-P-B met een spoelweerstand van 700 Ω.



Figuur 4/14.68-4: Aansluitgegevens van de toegepaste relais, bovenzijde.



Figuur 4/14.68-5: Het prototype van de schakeling.

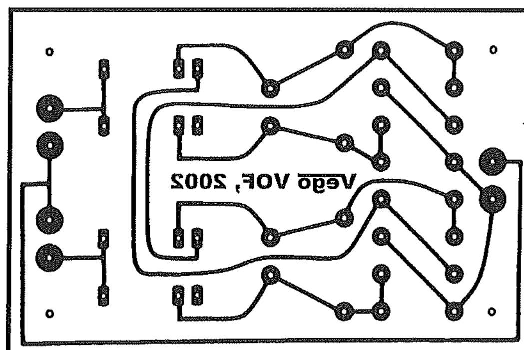
Gebruik

Over het gebruik van deze schakeling valt eigenlijk niets speciaals te vertellen. Het printje kan op iedere geschikte plaats op de PTT-lijn worden aangesloten en door middel van twee gewone tweelingsnoeren met de beide toestellen verbonden worden.

De (a) en (b) aders van de telefoonkabel zijn respectievelijk rood en blauw bij de officiële apparaten van de PTT en groen en rood bij de goedkope import toestellen.

14.68 Automatische telefoon omschakelaar

14.68 Automatische telefoon omschakelaar



Figuur 4/14.68 2: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.68 Automatische telefoon omschakelaar

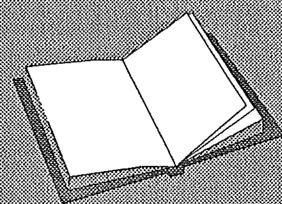
4/14.69
Elektronische telefoonbel (2)

Inleiding
In hoofdstuk 4/14.18 is een zeer eenvoudige elektronische telefoonbel met het Siemens IC SAE0700 beschreven. Helaas blijkt dat het met de verkrijgbaarheid van die dingen tegenwoordig slecht gesteld is! Gelukkig kan men de schakelingen, die in dit speciale IC geïntegreerd zijn, vrij eenvoudig vervangen door niet meer dan een handjevol weerstanden, condensatoren en standaard IC's. De in dit hoofdstuk beschreven schakeling imiteert het geluid van het speciale IC voor 100 % en kan op iedere gewenste plaats parallel op de twee aders van de PTT-lijn aangesloten worden.

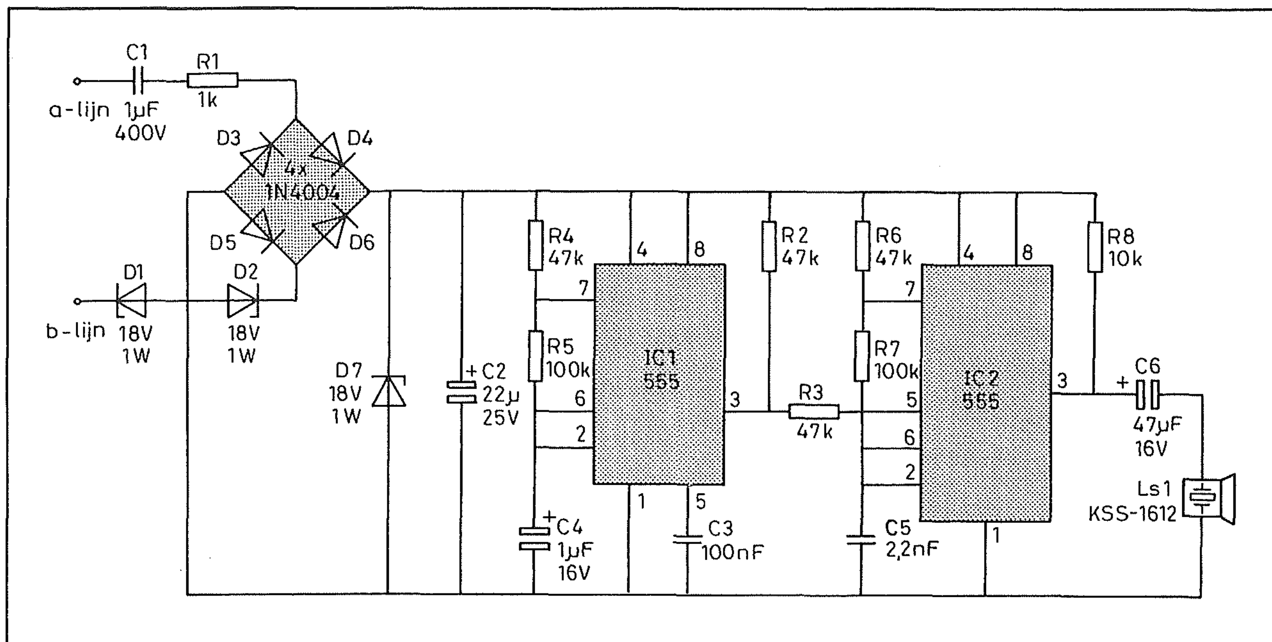
Principe
Zoals in hoofdstuk 3/20.1 reeds werd beschreven bestaat het belsignaal uit een sinusvormige spanning met een frequentie van 25 Hz en een amplitude van ongeveer 50 V. Omdat beide aders van de lijn dit signaal in tegenfase toegevoerd krijgen en er bovendien al een vrij forse gelijkspanning tussen de aders staat, kan er maximale spanning van ongeveer 160 V over de lijn staan tijdens het bellen! Met dit gegeven moet men terdege rekening houden bij het ontwerpen van een elektronische telefoonbel. De condensator die in de serie met de schakeling moet worden opgenomen om de op de PTT-lijn aangesloten schakeling de voor de goede werking van het telefoonsysteem noodzakelijke oneindig hoge gelijkstroomweerstand te geven moet dus een doorslagspanning van minimaal 250 Vdc hebben. Beter nog kan men een exemplaar dat bestand is tegen 400 Vdc in de schakeling solderen!

Het volledig schema
Het volledig schema van de elektronische telefoonbel is getekend in figuur 4/14.69-1. De 25 Hz belspanning wordt via een condensator van 1 µF, 400 Vdc (uiteraard geen elco of tantaal!) en een stroombegrenzingsweerstand R1 aan een bruggelijkrichter aangeboden. In de retourleiding van deze brug zijn twee anode tegen anode geschakelde zenerdioden D1 en D2 opgenomen. Deze vormen een eenvoudige sperschakeling, die signalen met een kleinere amplitude dan ongeveer 20 V de toegang tot de elektronica ontzegt.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/20.1
Hoofdstuk 3/20.4
Hoofdstuk 4/2.4
Hoofdstuk 4/14.18



14.69 Elektronische telefoonbel (2)

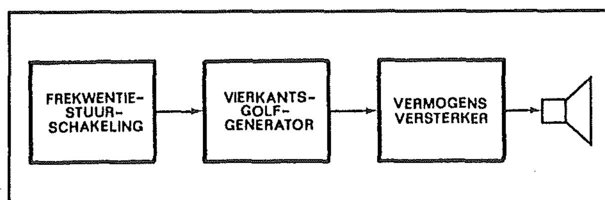


Figuur 4/14.69-1: Het volledig schema van de schakeling

De brug wordt afgesloten met een kleine afvlakelco van 22 µF en een derde zenerdiode van 18 V, die de elco en de rest van de schakeling moet beveiligen tegen onverwacht hoge spanningspieken over de PTT-lijn.
De tot nu toe besproken onderdelen zorgen er voor dat er bij iedere belpuls een mooie gelijkspanning tussen 8 V en 18 V ontstaat over de elco C2. Vergeet niet dat de condensator van 1 µF een niet te verwaarlozen impedantie heeft bij een frequentie van 25 Hz en dus zijn partijtje meeblaast in het reduceren van de veel te hoge belspanning tot een werkbare waarde.
De spanning over elco C2 wordt als voedingsspanning gebruikt voor de rest van de schakeling en het komt er dus in feite op neer dat deze rest door het pulserende belsignaal een bepaalde tijd wel en een bepaalde tijd niet met de voedingsspanning wordt verbonden. Een eenvoudigere manier om de elektronische bel te synchroniseren met het belsignaal is wel niet te verzinnen!

Toonopwekkend gedeelte
Het typische geluid van een moderne elektronische bel ontstaat door de frequentie van het signaal dat men aan het luidsprekertje toevoert zeer snel heen en weer te laten springen tussen ongeveer 1,8 kHz en ongeveer 2,2 kHz. Deze frequenties zijn niet alleen gekozen vanwege het welluidende resultaat! Het blijkt namelijk dat de meeste piëzoceramische resonatoren, die als luidsprekertje worden toegepast, een resonantiepiek in dit frequentiegebied hebben en bijgevolg het meeste volume produceren.
Een frequentiegemoduleerde generator bestaat uit twee astabiele multivibratoren, zie figuur 4/14.69-2. De ene levert de eigenlijke geluidsfrequentie, de tweede levert een stuurspanning of -stroom aan de eerste, waardoor de frequentie gemoduleerd wordt.

14.69 Elektronische telefoonbel (2)



Figuur 4/14.69-2: Het principe van de elektronische toongeneratie.

De schakeling van deze telefoonbel volgt deze algemene ontwerpregel wel heel letterlijk op. De twee astabiele multivibratoren zijn op de bekende manier samengesteld rond 555 timertjes, waarbij twee weerstandjes en een condensator zowel de frequentie als de duty-cycle van het uitgangssignaal bepalen.

Het enige verschil tussen beiden multivibratoren is dat de modulatie-ingang van de eerste door middel van een condensator ontkoppeld wordt en dat de gelijknamige ingang van de tweede wordt gestuurd uit de uitgang van de eerste. De waarde van de weerstand R3 bepaalt de modulatiediepte, dat is het frequentieverschil tussen de hoge en de lage toon. De snelheid waarmee de frequentie omschakelt is afhankelijk van de waarde van de condensator C4, het toonbereik wordt ingesteld door condensator C5.

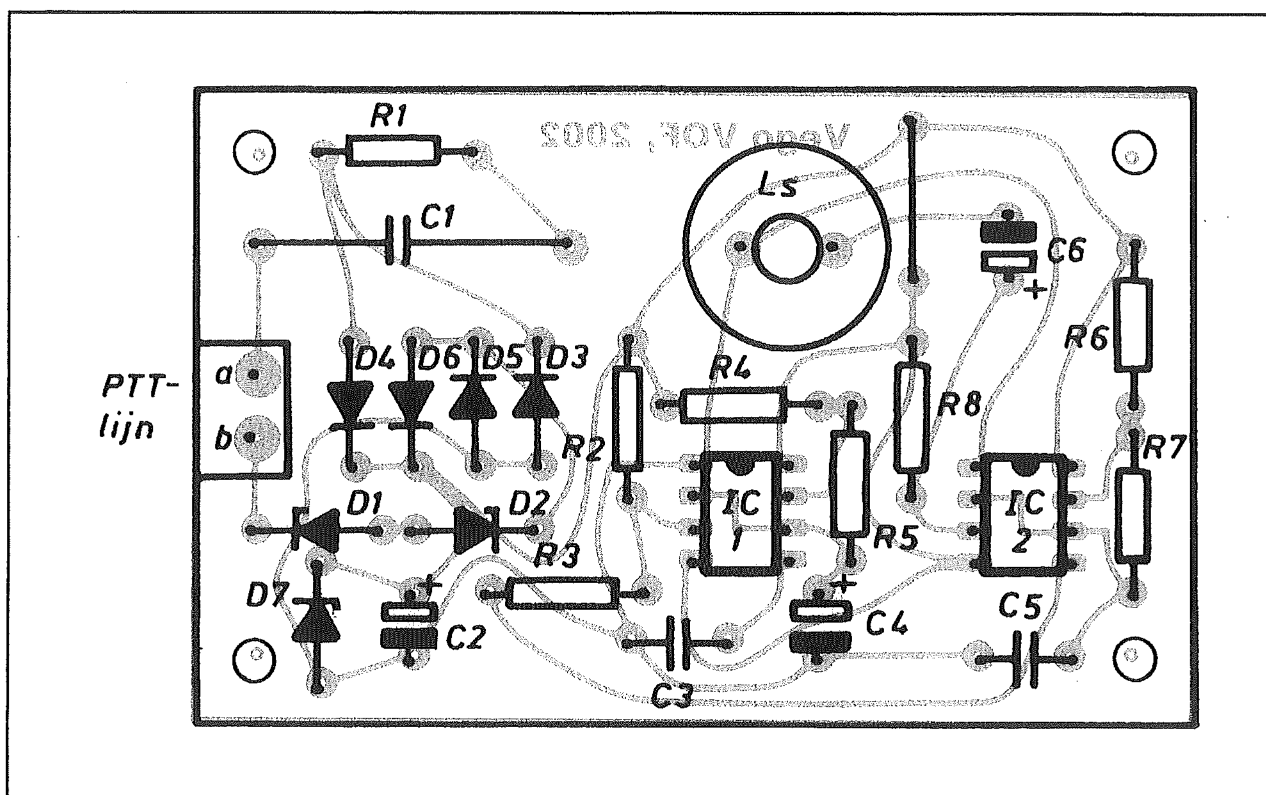
De uitgangstrap

De hoge impedantie van de condensator C1 heeft tot gevolg dat de schakeling maar weinig vermogen kan leveren. Het aansluiten van een gewone laagohmige luidspreker op de uitgang van IC2 is dan ook uit den boze.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	1 kΩ	
R2,R3,R4,R6	47 kΩ	
R5,R7	100 kΩ	
R8	100 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	1 μF	400 V MKS-4
C2	22μF	25 V printelco
C3	100 nF	MKH
C4	1 μF	16 V printelco
C5	2,2 nF	MKH
C6	47 μF	16 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1,D2,D7	zenerdiode, 18 V, 1 W	
D3,D4,D5,D6	1N4004	
IC1,IC2	555, mini-DIL	
DIVERSEN		
1	KSS-1612 piëzoceramische resonator	
2	IC-voetje, 8 pennen	
1	printkroonsteentje, tweepolig	

14.69 Elektronische telefoonbel (2)



Figuur 4/14.69-4: De componentenopstelling van de elektronische telefoonbel.

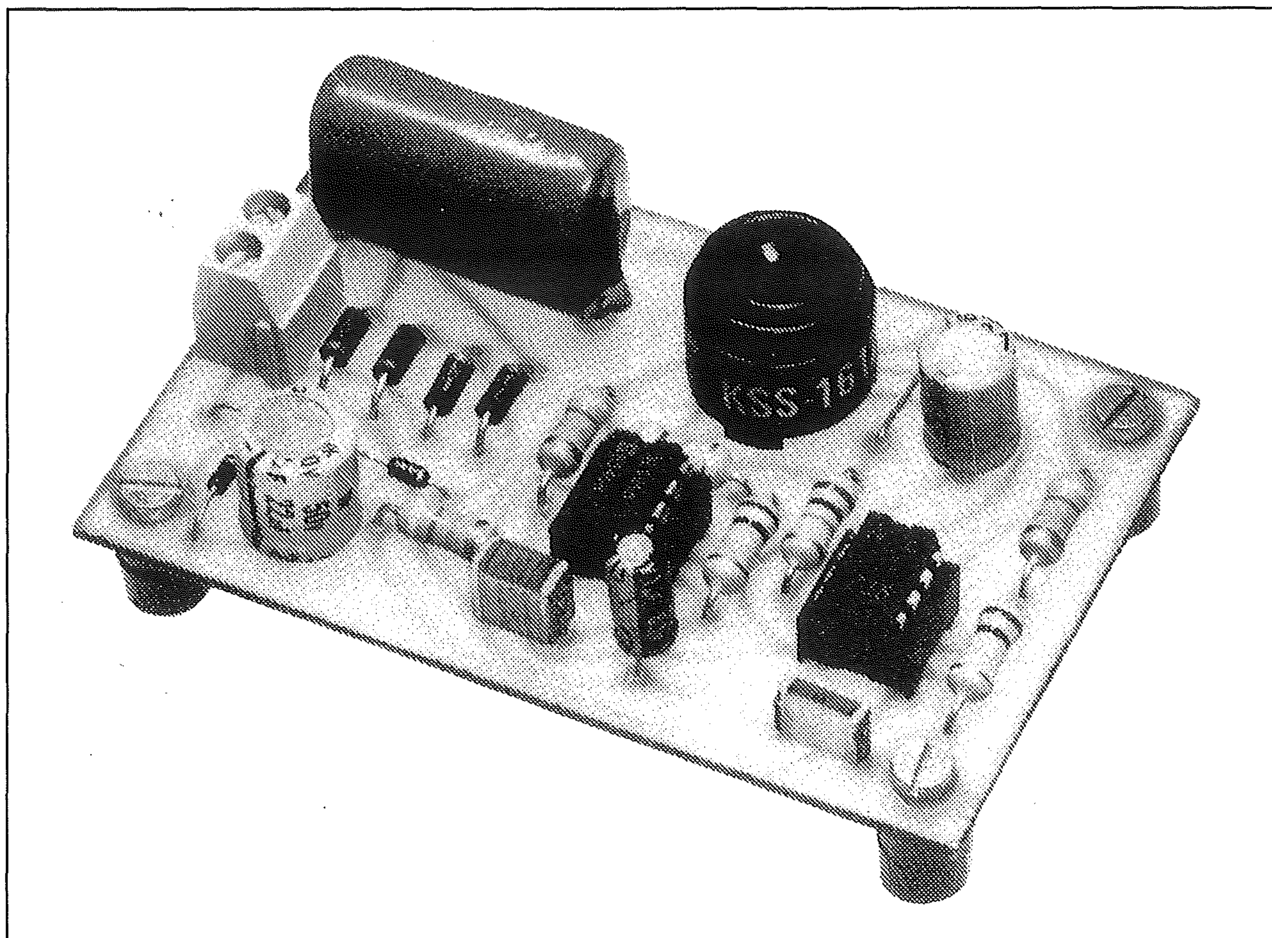
Zelfs met een 120 Ω speakertje valt de voedingsspanning over C2 terug tot slechts ongeveer 1,5 V! Het enige dat erop zit is gebruik te maken van piëzoceramische resonatoren, die een tamelijk hoge geluidsopbrengst en een relatief hoge impedantie hebben. Bij het prototype werd een KSS-1612 van Kingstate toegepast, maar in principe kan men iedere "naakte" resonator gebruiken, die maximaal 18 V kan verwerken.

Met "naakte" wordt bedoeld dat men een resonator zonder ingebouwde oscillator moet kopen. Let daar goed op! Verschillende fabrikanten leveren resonatoren met en zonder oscillator in precies dezelfde behuizing, met als enig verschil dat een resonator met oscillator op een gelijkspanning wordt aangesloten en dan uit zichzelf een toontje gaat opwekken.

Bouw van de schakeling

De volledige schakeling van de elektronische telefoonbel kan op het printje van figuur 4/14.69-3 worden ondergebracht. Deze print staat ter download bereid op de "HE&IC"-site www.vego.nl/hobby. Probleemloze werking is verzekerd als men zich aan de onderdelenopstelling van figuur 4/14.69-4 houdt. Het enige moeilijke onderdeel is condensator C1. Nogmaals zij erop gewezen dat het absoluut verboden is een elco van 1 μF te gebruiken of een gewone MKH-condensator toe te passen. Deze hebben bij deze waarde immers slechts een doorslagspanning van 100 V! Men doet er het beste aan een gemetaliseerde polyester condensator op te scharrelen, WIMA levert deze bijvoorbeeld onder de code MKS-4, zowel in 250 als 400 Vdc uitvoering.

14.69 Elektronische telefoonbel (2)



Figuur 4/14.69-5: Het prototype van de schakeling.

Figuur 4/14.69-5 geeft een impressie van de compleet gemonteerde schakeling.

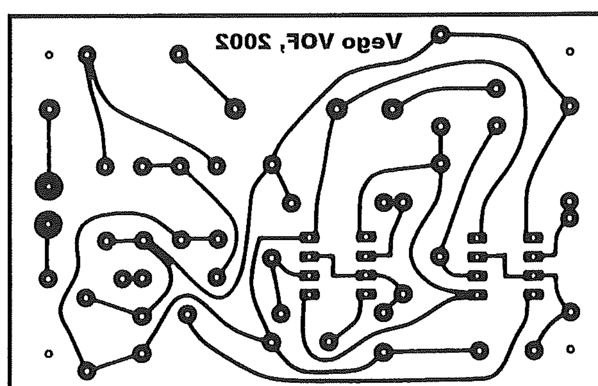
Het testen van de schakeling

De goede werking van de schakeling kan getest worden door een gelijkspanning van 10 V over de zenerdiode D7 te zetten. Het typische geluid moet nu continu klinken. Dank zij de gelijkrichterbrug maakt het niets uit hoe de twee aders van de PTT-lijn met de twee ingangen van de schakeling verbonden worden.

Men kan dus eventueel een ongecodeerd tweelingsnoer gebruiken om de PTT-kabel te verlengen.

14.69 Elektronische telefoonbel (2)

14.69 Elektronische telefoonbel (2)



Figuur 4/14.69-3: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie “Printservice”. In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.69 Elektronische telefoonbel (2)

4/14.70

Universele tiptoets schakelaar

Inleiding

Om maar eens met een kritische oprisping te beginnen: tiptoetsen oftewel aanraakschakelaars zijn volstrekt overbodig, want er is niemand die ooit buiten adem is geraakt door het bedienen van een normale mechanische schakelaar, of erger nog, een vingerkootje gebroken heeft bij verwoede pogingen tot het omschakelen van een tuimelschakelaar.

Toch zal, tenzij er een formidabele aardverschuiving optreedt in het denken over de zin en de onzin van de moderne techniek (wat niet waarschijnlijk lijkt), de gewone mechanische schakelaar waarmee u nu het licht aanschakelt, in het jaar 2050 bijgezet zijn in het oudheidkundig museum.

Net zoals oma's draaischakelaar algemeen vervangen is door de wipschakelaar zal dan deze laatste afgelost worden door een elektronische aanraakschakelaar, die het licht langzaam uit- of aanschakelt.

Tiptoetsen

Het principiële verschil tussen een normale schakelaar en een tipschakelaar is, dat bij de eerste een mechanisch onderdeel aangeraakt moet worden, waarna er op dit onderdeel een kracht moet worden uitgeoefend (indrukken van een drukknop, kantelen van een tumbler, draaien aan een draaischakelaar), terwijl bij de tipschakelaar het aanraken voldoende is om de schakelaar te activeren.

De contacten van de tiptoets bestaan meestal uit een symbool, dat op een printplaatje geëtst is. Het licht beroeren van dit symbool is reeds voldoende om de elektronica aan het werk te zetten.

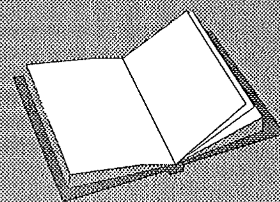
Er bestaan twee systemen om elektronische schakelingen te laten reageren op contact met de huid:

- resistieve tiptoetsen;
- inductieve tiptoetsen.

Resistieve tiptoetsen

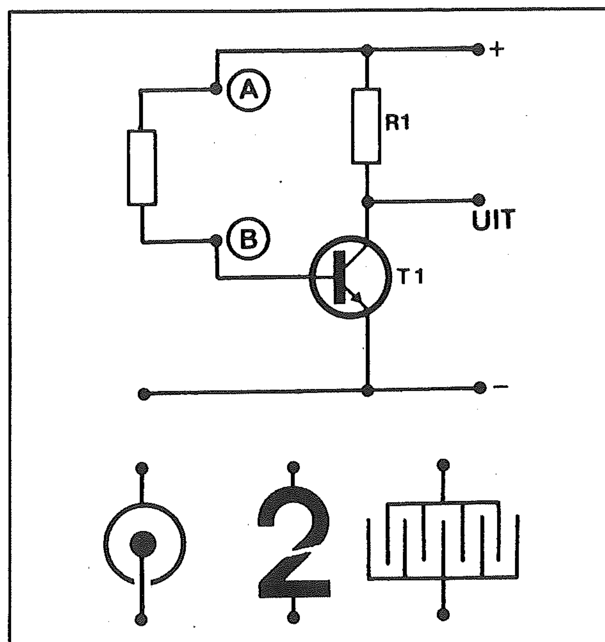
Het eerste systeem, getekend in figuur 4/14.70-1 (boven), maakt gebruik van de ohmse weerstand van de menselijke huid. Als men met de top van een vinger de contacten A en B overbrugt, dan zal er een bepaalde stroom van de positieve spanning, via de huidweerstand, in de basis van de transistor vloeien. De halfgeleider gaat hierdoor min of meer geleiden. Over de

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.1



14.70 Universele tiptoets schakelaar

weerstand in de collectorkring ontstaat een spanningsval, die verwerkt kan worden door de rest van de schakeling.



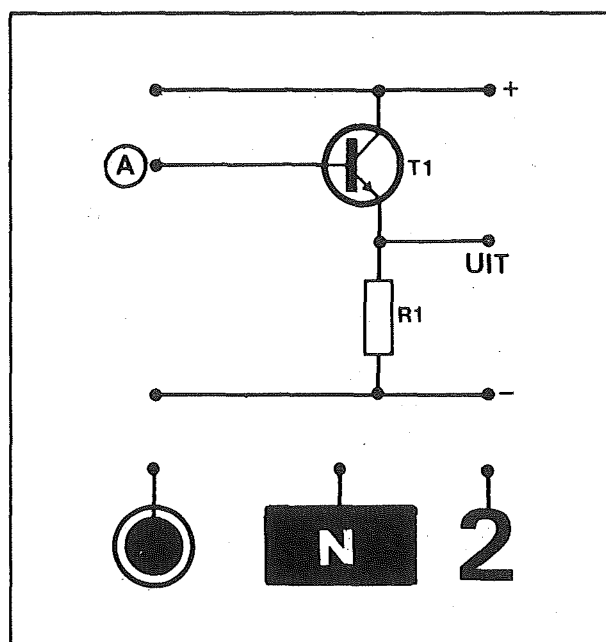
Figuur 4/14.70-1: Tiptoetsen die werken op het principe van de weerstand van de menselijke huid.

Het principiële nadeel van dit systeem is, dat de sensor opgebouwd moet zijn uit twee contacten.
In figuur 4/14.70-1 (onder) zijn enige veel gebruikte uitvoeringen van dergelijke sensoren getekend. Cijfers of letters, die de functie van de tiptoets toelichten, moeten dus in twee delen gehakt worden, wat het esthetisch uiterlijk niet ten goede komt.
Naast het principiële bezwaar zijn er ook enige praktische moeilijkheden, die de werking van de schakeling kunnen verstoren. Op de eerste plaats is natuurlijk de weerstand van de huid geen constante factor. Deze variëert niet alleen van persoon tot persoon, maar is eveneens afhankelijk van de emotionele toestand van het individu, dat de schakelaar wil bedienen.
Besluit is dat de schakelaar zó gevoelig moet zijn, dat een weerstand van een paar MΩ reeds tot het gewenste schakel-effect aanleiding geeft. Niet alleen vereist dit een flinke versterking van de minieme stroom en dus het gebruik van vele transistoren, maar bovendien kan het gebeuren dat door vervuiling van de sensor de goede werking verstoord wordt.
Bovendien kunnen de contacten van de sensor door oxydatie langzaam gaan isoleren, zodat de schakelaar het niet meer doet. Het enige voordeel van dit tweecontacten systeem is, dat uitwendige stoorpulsen, zoals bliksem of sterke elektrische velden, de werking van de schakeling niet kunnen beïnvloeden, omdat contact B een lage weerstand heeft ten opzichte van de massa van de schakeling.

Inductieve tiptoetsen

Het tweede tiptoets systeem maakt gebruik van het gegeven dat ieders lichaam vol zit met uit de lucht opgepikte wisselspanning van zenders, maar vooral van de netspanning. De luide brom, die uit een luidspreker opstijgt als men de ingang van de op die luidspreker aangesloten versterker aanraakt met een vingertop zal iedereen overtuigen van de juistheid van deze stelling! Deze spanning is zelfs te meten, door bijvoorbeeld de “hete” klem van een op wisselspanning geschakelde universeelmeter aan te raken. De meter zal dan meer dan 10 V aanduiden! Nu moet die menselijke wisselspanningsbron wel aangesloten worden op een schakeling met een hoge ingangsweerstand, anders blijft er van die spanning niets over. Wel, zo’n hoogohmige ingangsschakeling is getekend in figuur 4/14.70-2 (boven). Dit is de bekende emittervolgerschakeling.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-2: Het principe van de inductieve tiptoets.

Normaliter staat de transistor gesperd en over de emitterweerstand R1 meet men geen spanning. Raakt men het contact A met een vingertop aan, dan zullen de positieve alternanties van de zich in het menselijke lichaam bevindende inductiespanning de transistor open sturen. Over de emitterweerstand ontstaan flinke spanningspulsen met een frequentie van 50 Hz. Deze pulsen kunnen dan weer verder verwerkt worden.

Deze schakeling is veel eleganter dan de eerder genoemde. Niet alleen is de gevoeligheid groter (zelfs een zeer licht beroeren van de sensor is voldoende om de transistor in geleiding te brengen), maar bovendien spelen moeilijk in de hand te houden parameters, zoals de vervuiling van de sensor of de individuele verschillen in huidweerstand geen enkele rol.

Het enige nadeel van dit systeem is, dat de schakeling gevoelig is voor allerlei stoorspanningen. De verbinding tussen de sensor en de basis van de transistor fungeert immers als antenne.

Allerlei verschijnselen, zoals bliksem of het aanschakelen van een TL-buis, die gepaard gaan met het ontstaan van zeer hoge spanningspieken, bouwen in de ruimte een elektrisch veld op. Dit elektrisch veld zal in de verbindingsdraad tussen sensor en basis een spanning induceren, waardoor de halfgeleider eventueel in geleiding kan komen.

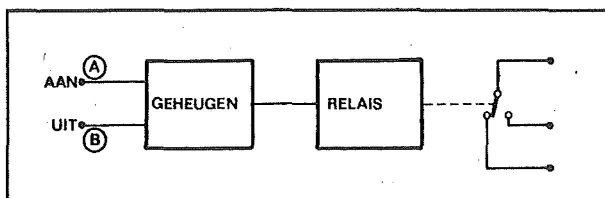
De afscherming van de verbinding tussen sensor en schakeling geeft deze stoorpulsen echter geen kans om de schakeling te verzieken. In figuur 4/14.70-2 (onder) zijn enige mogelijke uitvoeringen van de sensor bij dit systeem geschetst. Als men de sensoren uit een printplaatje etst, dan kan men aan de achterzijde van dit plaatje indicatie-LED'jes aanbrengen, die het sensorsymbool belichten, als de aanraakschakelaar ingeschakeld is. Hiermee zijn zeer mooie effecten te bereiken!

Principiële schakelingen

Er zijn tegenwoordig diverse sensor-IC's op de markt. IC's waar vaak de volledige elektronica voor zes of acht tiptoetsen inzit. Waarom dan zélf aan de slag? De titel van dit hoofdstuk is "Universele tiptoets schakelaar". De clou zit hem in het woord "universeel". Alle tiptoets-IC's die in de handel zijn, zijn in feite bedoeld voor het besturen van apparatuur, zoals versterkers en tuners. De in dit hoofdstuk beschreven schakeling kan echter veel meer. Omdat op de print een relais zit, kan men met de tiptoets rechtstreeks netbelastingen, zoals verlichting in- en uitschakelen. Als men gebruik zou maken van tiptoets-IC's dan zou men toch nog extra elektronica moeten achterschakelen. Vandaar het besluit de volledige elektronica zélf met transistoren en discrete onderdelen uit te werken.

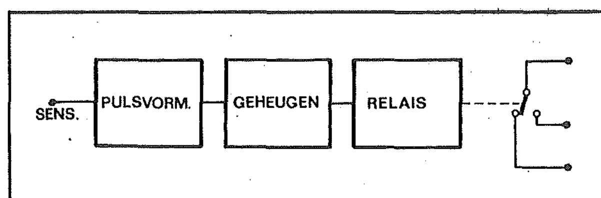
14.70 Universele tiptoets schakelaar

Ook bij de praktische uitvoering van aanraakschakelaars kunnen twee wegen bewandeld worden.
Op de eerste plaats zal het duidelijk zijn, dat in een tiptoets schakelaar een geheugen ingebouwd moet worden, dat onthoudt of de laatste aanraking van de sensor bedoeld was om de schakelaar aan te schakelen dan wel uit te schakelen. In een normale schakelaar is het de stand van de mechanische onderdelen die de functie van dit geheugen vervult.
Aan de hand van deze wetenschap kunnen de twee systemen besproken worden. De eerste mogelijkheid is getekend in figuur 4/14.70-3 en gebruikt twee sensoren, één voor het aanschakelen en één voor het uitschakelen. Als men op de A-sensor drukt, dan zullen de pulsen die daarvan het gevolg zijn het geheugen in de "AAN"-stand sturen. De relaiskring wordt gestuurd en het relais schakelt in.



Figuur 4/14.70-3: De eenvoudigste aanraakschakelaar maakt gebruik van twee aanraaksensoren.

Raakt men de B-sensor aan, dan wordt het geheugen via de pulsen op een tweede ingang in de "UIT"-stand gestuurd en het relais valt af.
Dit type schakeling is elektronisch zeer eenvoudig te realiseren, maar heeft natuurlijk als nadeel dat twee sensoren gebruikt moeten worden, wat niet erg praktisch is.
De tweede mogelijkheid, getekend in figuur 4/14.70-4, maakt gebruik van slechts één sensor. Als men deze sensor aanraakt, dan zal het geheugen omklappen. Als het relais dus ingeschakeld was, dan zal het, bij aanraken van de sensor, uitschakelen en omgekeerd.



Figuur 4/14.70-4: Bij het tweede systeem wordt gebruik gemaakt van maar één aanraaksensor. Omdat het geheugen nu reageert op het aantal ingangspulsen moeten deze via een pulsvormer omgezet worden in ondubbelzinnige besturingspulsen voor het geheugen.

Deze schakeling is natuurlijk het mooist, maar vraagt extra elektronica. Het is immers duidelijk dat bij aanraken van de sensor er slechts één puls naar het geheugen mag worden gestuurd. Nu wil het echter in de praktijk wel eens voorkomen, dat bij aanraken van de sensor er een reeks stoorpulsen gevormd wordt. Door deze stoorpulsen zal het geheugen gestuurd worden, waardoor het relais snel heen en weer gaat klepperen. Bovendien is het niet zeker dat de schakeling in de gewenste stand komt. Als bijvoorbeeld het relais aangetrokken was en bij aanraken van de sensor ontstaat er een even aantal stoorpulsen, dan zal het relais na het klepperen in de aangetrokken stand blijven staan, wat natuurlijk niet de bedoeling is. Vandaar dat tussen de sensor en het geheugen een pulsvormer geschakeld wordt. Deze schakeling zorgt ervoor dat

14.70 Universele tiptoets schakelaar

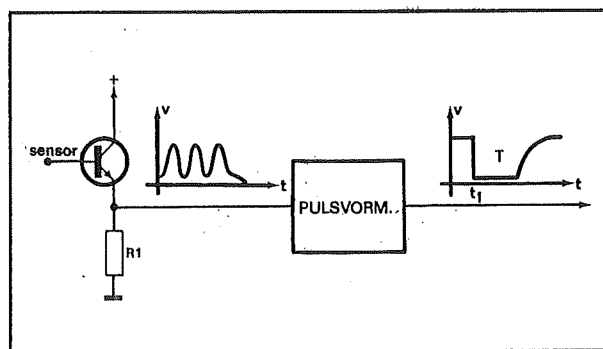
bij aanraken van de sensor er een mooie, enkele puls naar het geheugen gestuurd wordt.

Mogelijkheden van de schakeling
De beschreven schakeling kan het hart vormen van een universeel schakelsysteem, waarmee men alle kanten op kan. De basisschakeling, die vrij eenvoudig is, en die een relais aan- en uitschakelt op commando van een vingerdruk, kan uitgebreid worden door op de print enige extra weerstanden en dioden aan te brengen.
Volgende functies zijn dan mogelijk:
- Een aantal printen die de hogergenoemde basisfunctie onafhankelijk van elkaar vervullen.
- Een aantal printen, onderling verbonden, zodat een wisselschakelaar ontstaat. Dus: als men op toets A drukt, dan komt het relais van dit printje op en vallen alle overige relais af. Dit is dus hetzelfde principe als de bereikenomschakelaar van een versterker.
- Een van de vorige opties waarbij door middel van twee extra tiptoetsen de mogelijkheid ontstaat alle schakelaars gezamenlijk in- of uit te schakelen.

De basisprint is zo ontworpen, dat de units zeer eenvoudig zijn samen te bouwen. Uiteraard kan ook één printje gebruikt worden, waarbij de tipplaat door middel van een afgeschermd draadje met de elders geplaatste print verbonden wordt.

Het principe van de schakeling
Bij de uitwerking van deze schakeling heeft de ontwerper gekozen voor het meest luxueuze systeem: één sensor, die bovendien slecht één contact heeft. In de volgende twee paragrafen worden achtereenvolgens de pulsvormer en het geheugen besproken.

De pulsvormer
In figuur 4/14.70-5 is nog eens uiteengezet waarom die pulsvormer noodzakelijk is. Zoals reeds eerder gezegd, ontstaat over de emitterweerstand R1 van de tiptoetsschakeling een aantal pulsen, waarvan de frequentie gelijk is aan de netfrequentie. De pulsvormer vormt deze pulstrein om in één puls van een welbepaalde lengte.

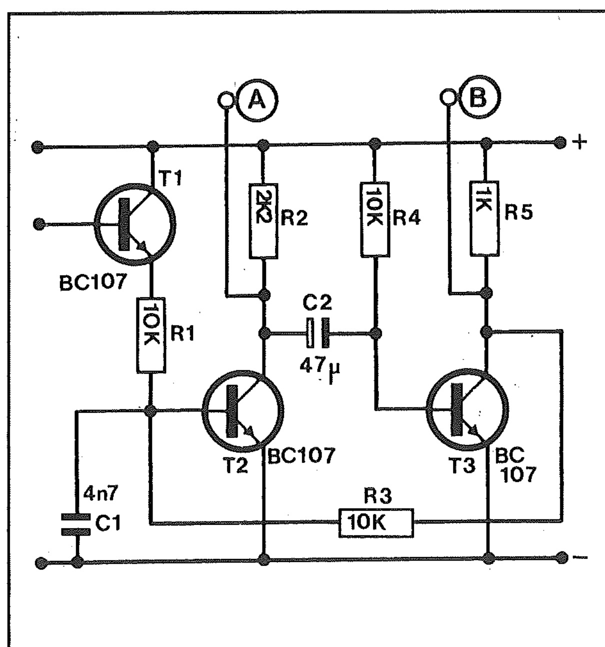


Figuur 4/14.70-5: De werking van de pulsvormer.

In de schakeling van figuur 4/14.70-5 wordt op tijdstip t1 de tiptoets aangeraakt. Dadelijk verschijnen over de emitterweerstand de reeds genoemde pulsen. De bedoeling is nu dat de pulsvormer reageert op de eerste puls (hij wordt getriggerd door de eerste puls, heet dat) en gedurende een te kiezen tijd T een negatieve uitgangspuls opwekt.
Een schakeling, die dat kan is een monostabiele multivibrator. Het schema van deze eerste trap van de schakeling is getekend in figuur 4/14.70-6, de in- en uitgangsspanningen zijn voorgesteld in de grafieken van figuur 4/14.70-7.
Een monostabiele multivibrator (MMV) bestaat uit twee transistoren, die door middel van een weerstand en een condensator onderling zijn doorverbonden. Dat principe vindt men in figuur 4/14.70-6

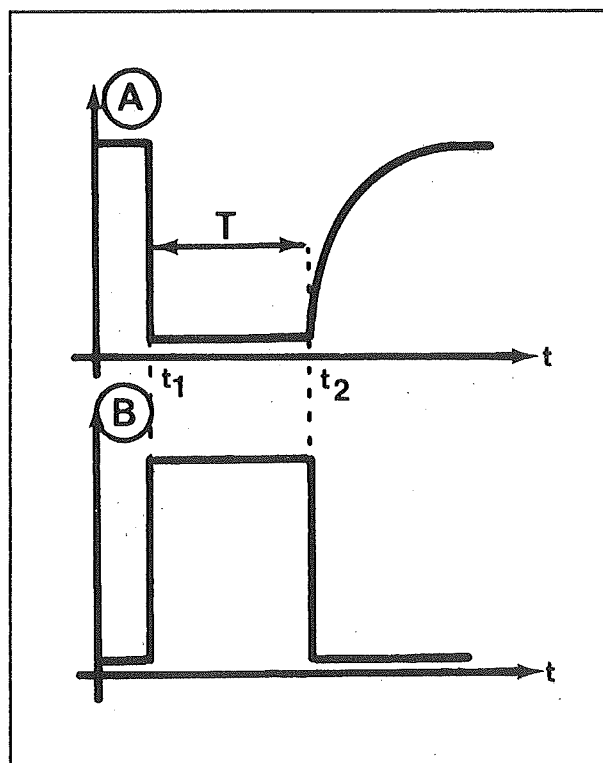
14.70 Universele tiptoets schakelaar

terug onder de vorm van de halfgeleiders T2 en T3 en de passieve onderdelen C2 en R3. De transistor T1 is verbonden met de sensor. In rust zal transistor T3 geleiden. Immers, zijn basis is via weerstand R4 met de voeding verbonden. De collector uitgangsspanning (B) is nul. De tweede halfgeleider spert, omdat zowel R1 als R3 stroomloos zijn. Zijn collectorspanning A is dus gelijk aan het voedingspotentiaal.
Als men de sensor aanraakt, dan gaat T1 geleiden. Er vloeit via deze halfgeleider en weerstand R1 een stroom in de basis van T2. Deze transistor gaat geleiden, waardoor de collectorspanning gelijk wordt aan nul (tijdstip t1).



Figuur 4/14.70-6: De schakeling van de pulsvormer.

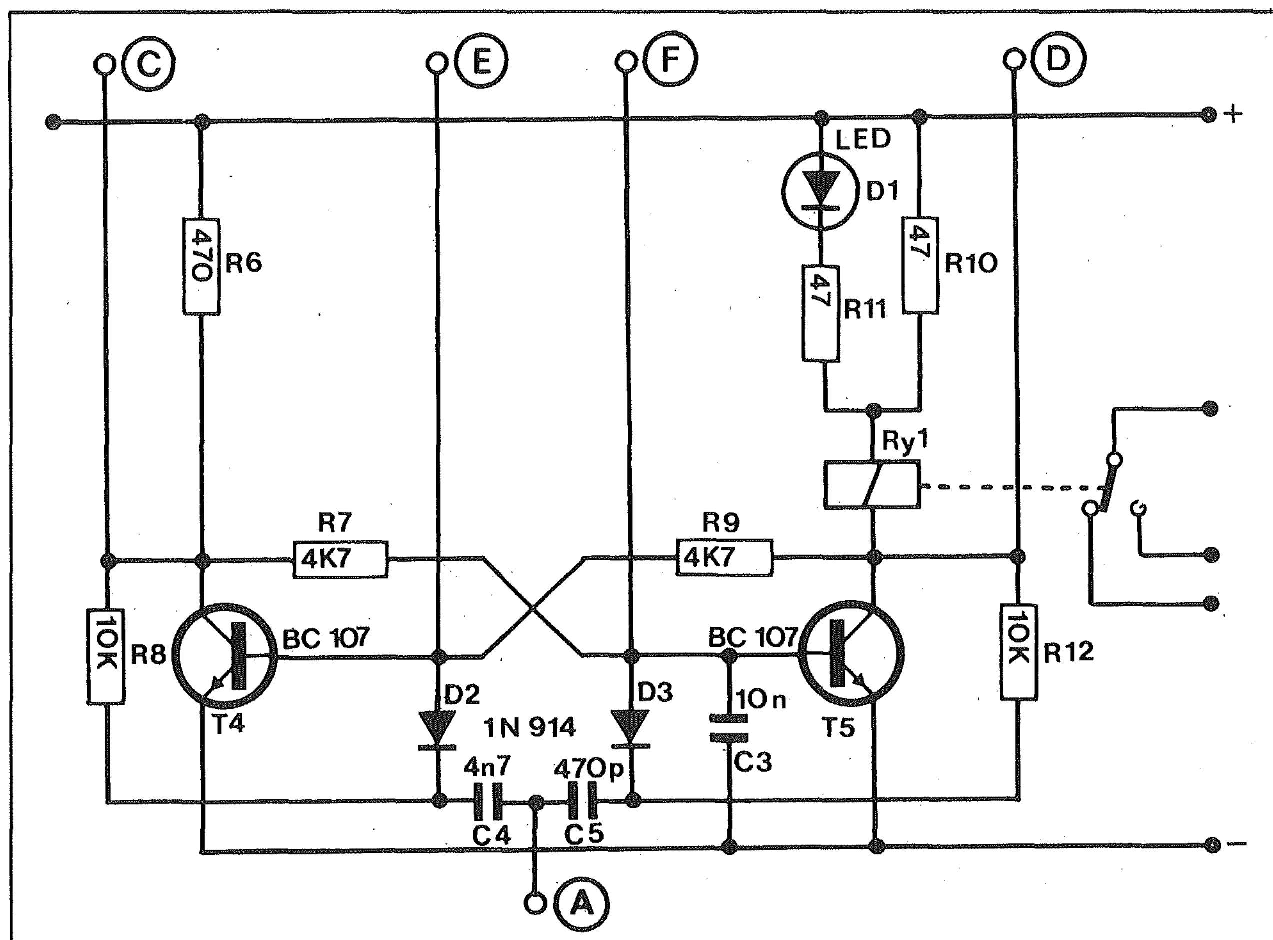
Het netwerk C2/R4 vormt een differentiator. De plotselinge negatieve spanningssprong wordt dus ongehinderd doorgelaten naar de basis van T3. Deze halfgeleider spert en de collector komt op voedingspotentiaal. De terugkoppelweerstand R3 stuurt nu een flinke stroom in de basis van T2, zodat deze halfgeleider blijft geleiden, ook als men de sensor niet meer aanraakt. De negatieve spanning op de rechter plaat van condensator C2 vloeit langzaam weg naar de voeding. Na een bepaalde tijd T gaat T3 opnieuw geleiden, de collectorspanning wordt nul. De sturing via R3 van T2 valt dus weg en de schakeling belandt opnieuw in de rusttoestand.



Figuur 4/14.70-7: De spanningsvormen in de schakeling van figuur 4/14.70-6.

De tijdsduur T is afhankelijk van de grootte van de onderdelen C2 en R4. In deze schakeling zijn deze onderdelen zo gekozen, dat de tijdsduur van de uitgangspuls ongeveer 0,5 seconde bedraagt.
De condensator C1 zorgt ervoor, dat de MMV niet getriggerd wordt door korte stoorpulsen die via de "antenne" T1 in de schakeling binnendringen.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-8: Het geheugen met de relais stuurkring. De LED D1 gaat branden als het relais is ingeschakeld en kan dus als indicator worden toegepast.

Het geheugen

Het geheugen, waarin het relais direct opgenomen is, is getekend in figuur 4/14.70-8 en is alweer een multivibrator. Deze keer is het echter een bistabiele (BMV), met een koosnaampje ook wel eens flip-flop genoemd. Bij het aanschakelen van de voedingsspanning willen beide transistoren gaan geleiden. Daar de basis van T5 echter via de condensator C3 met massa verbonden is, zal deze halfgeleider iets trager reageren. T4 komt dus het eerst in geleiding. Zijn collectorspanning wordt nul, met als gevolg dat de basis van T5 via R7 met massa verbonden wordt. Resultaat: T 4 geleidt en T 5 spert.

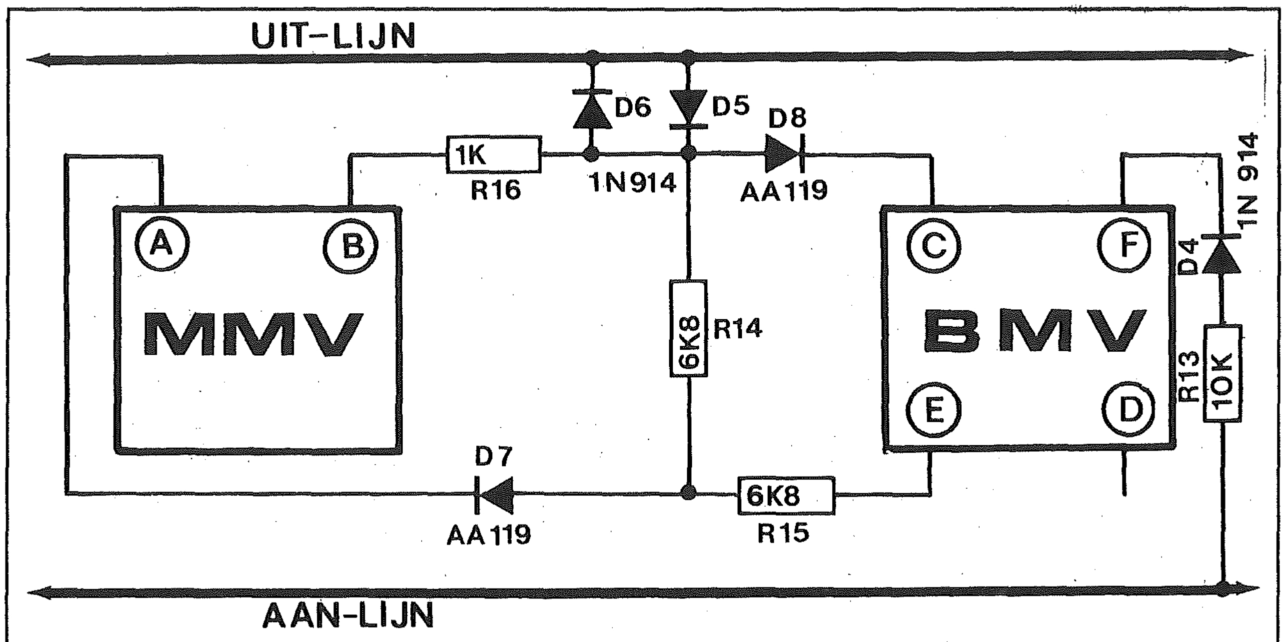
Het relais, opgenomen in de collectorkring van T5 is niet aangetrokken. De onderdelen R8, D2, C4, C5, D3 en R12 zorgen voor het omklappen van het geheugen. Dit gaat als volgt. Als men op de sensor duwt, dan springt het potentiaal op de collector van T2 in figuur 4/14.70-6 van de voedingsspanning naar nul volt. Deze negatieve spanningssprong wordt aan het knooppunt van de condensatoren C4 en C5 aangelegd. Deze onderdelen zorgen ervoor dat deze negatieve sprong wel doordringt tot de basis van de geleidende transistor, maar niet tot de basis van de sperrende. In het voorbeeld komt de negatieve sprong dus op de basis van

14.70 Universele tiptoets schakelaar

T4. Deze halfgeleider gaat sperren, de collectorspanning wordt gelijk aan de voedingsspanning. Transistor T5 krijgt nu sturing via R7 en gaat geleiden. De terugkoppelingsweerstanden R7 en R9 zorgen ervoor dat de flip-flop in deze stand blijft staan. Door de serieschakeling van het relais en de weerstand R10 vloeit stroom, het relais is aangetrokken. De spanningsval over R10 wordt gebruikt om de LED D1 aan het branden te krijgen. Weerstand R11 beperkt de stroom door de lichtgevende diode tot een veilige waarde.
Als men de sensor opnieuw aanraakt, zal de negatieve spanningssprong doordringen tot de basis van de geleidende transistor T5, zodat de bistabiele multi weer omslaat en het relais afvalt.

Verfijningen
Als men de schakelingen van figuur 4/14.70-6 en figuur 4/14.70-8 aan elkaar koppelt, heeft men reeds een volwaardige tiptoets schakelaar. Dat gebeurt dan ook in de eenvoudigste versie van de aanraakschakelaar. Zoals reeds in de inleiding gezegd kan men met deze schakeling echter veel meer. In figuur 4/14.70-9 is getekend wat deze extra opties ons aan extra onderdelen kost. Voor het schema wordt besproken een paar opmerkingen.
Op de eerste plaats zijn de deelschakelingen van figuur 4/14.70-6 en figuur 4/14.70-8 voorgesteld door blokken, dit voor de eenvoud. De omcirkelde letters A tot en met F verwijzen naar dezelfde punten in de figuren. Ten tweede enige toelichting over de twee lange lijnen "UIT" en "AAN". Dit zijn de draden die alle printen verbinden, als men een tiptoets systeem opbouwt. De bedoeling is dat als er een positieve puls op de "AAN"-lijn wordt gezet, alle aangesloten printen aanschakelen. De "UIT"-lijn werkt op dezelfde manier voor het uitschakelen van alle printen. Bovendien zorgt deze lijn voor het in de inleiding beschreven wisselsysteem.
Nu de elektronica.
Het aanschakelen van alle schakelaars door middel van een positieve puls is het eenvoudigst. Het volstaat deze positieve puls aan de basis (punt F) van transistor T5 uit figuur 4/14.70-8 toe te voeren. Deze halfgeleider gaat geleiden en de flipflop gaat naar de "AAN"-stand. Dit gebeurt dus via de weerstand R13 en de diode D4. Dit laatste onderdeel scheidt de verschillende aangesloten schakelaars van elkaar. Het uitschakelen van alle printen gaat identiek door de positieve commandopuls toe te voeren aan de basis van transistor T4 uit figuur 4/14.70-8. Alle flip-flop's gaan dan naar de "UIT"-stand. In de praktijk gebeurt dit via de onderdelen D5, R14 en R15. Alle overige onderdelen uit figuur 4/14.70-9 dienen voor het wisselen van de verschillende printen. De bedoeling is dat bij het aanraken van de sensor van de print die aan moet, alle overige tiptoets schakelaars afvallen.
Bij het aanraken van de sensor verschijnt op punt B een positieve puls, die via de weerstand R16 en de diode D6 de "UIT"-lijn voedt. Maar deze lijn voedt eveneens de flip-flop van de schakelaar die ingeschakeld moet worden, en dat is natuurlijk niet de bedoeling. Vandaar de diode D7. Bij het aanraken van de sensor wordt punt A gelijk aan het massa-potentiaal. De positieve puls op de "UIT"-lijn wordt dus via R14 en D7 afgevoerd naar het tijdelijke massapunt A. De functie van de onderdelen R16 en D8 volgt uit volgend praktijkvoorbeeld. Stel dat een aantal printen als wisselschakelaar geschakeld zijn, samen met een gemeenschappelijke aan- en uitschakelaar.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-9: De extra onderdelen die noodzakelijk zijn voor het samenstellen van een aanraakschakelaar systeem.

Stel verder, dat alle schakelaars door het aanraken van de gemeenschappelijke aanschakelaar ingeschakeld zijn. Als men vervolgens een bepaalde toets aanraakt, is het de bedoeling dat deze print uitschakelt, maar dat alle overige schakelaars ingeschakeld blijven. Bij het aanraken van de betreffende sensor wordt punt B tijdelijk gelijk aan de voedingsspanning, zodat een positieve puls via R16 en D6 op de "UIT"-lijn wordt gestuurd. Alle schakelaars zouden dus uitschakelen, wat niet de bedoeling is.
Door tussenschakeling van de diode D8 wordt vermeden dat in dit geval de "UIT"-lijn positief gestuurd wordt.

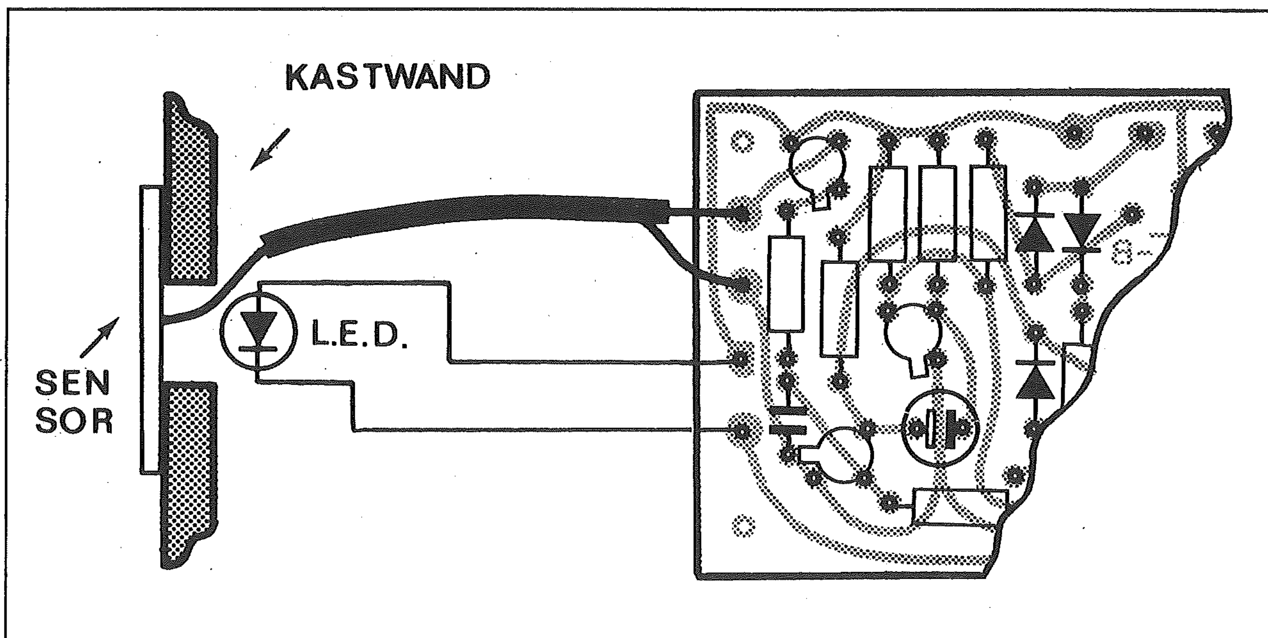
De bouw van de schakeling
In figuur 4/14.70-10 op de laatste pagina van dit hoofdstuk is het printontwerp van de schakeling getekend. Met deze print kan men alle kanten op.
Alvorens te praten over de bestukking van de print is het noodzakelijk eerst iets te vertellen over de praktische opbouw van het systeem.
Wie slechts één print nodig heeft, kan het printje bestukken en met een 9 V voeding in een kastje monteren. De sensor kan dan door middel van een afgeschermd draadje verbonden worden met de print.
Als men een bepaald systeem wil opbouwen, dan kunnen de printjes verticaal naast elkaar gemonteerd worden. De printen worden dan door middel van L-vormige aluminium beugeltjes op een grondplaat bevestigd. In plaats van 4 soldeerlipjes kan men dan een vierdelige soldeersteun (miniatuur uitvoering) op de print solderen. De printen kunnen dan met elkaar verbonden worden door 4 ongeïsoleerde draden door de oogjes van die draadsteunen te duwen en vast te solderen.
Als men van het geheel een schakelkastje wil maken, dan kunnen de sensors en de indicatie-LED's door het frontplaatje gestoken worden, zie figuur 4/14.70-11.

14.70 Universele tiptoets schakelaar

ONDERDELENLIJST

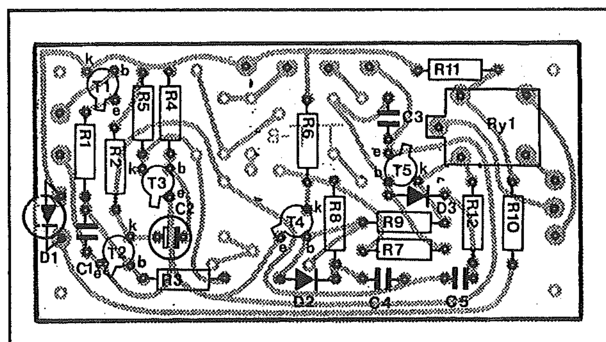
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R3,R4,R8,R12,R13	10 kΩ		
R2	2,2 kΩ		
R5,R16	1 kΩ		
R6	470 Ω		
R7,R9	4,7 kΩ		
R10,R11	47 Ω		
R14,R15	6,8 kΩ		
CONDENSATOREN			
C1,C4	4,7 nF	MKH	
C2	47 µF	16 V printelco	
C3	10 nF	MKH	
C5	470 pF	ceramisch	
HALFGELEIDERS			
D1	5 mm LED, rood		
D2-D6	1N4148		
D7,D8	AA119		
T1-T5	BC107, BC237		
DIVERSEN			
1	printrelais 5 V, bijvoorbeeld Hosiden		
11	printsoldeerlipje		

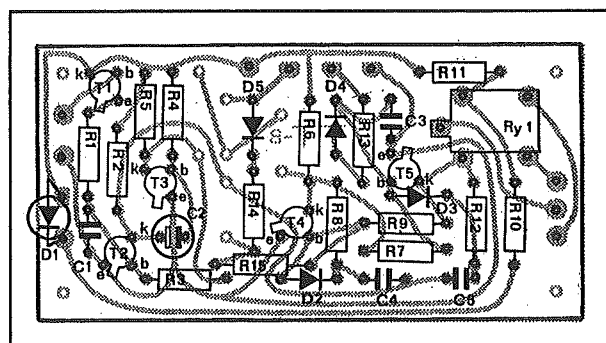


Figuur 4/14.70-11: Zo kan men het tiptoets contact en de indicatie-LED met de print verbinden.

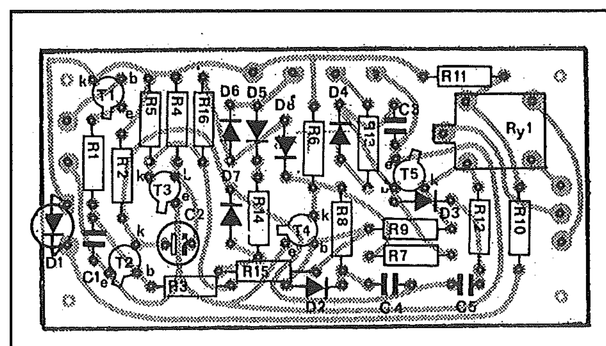
14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-12: AAN/UIT-schakelaar.



Figuur 4/14.70-13: AAN/UIT-schakelaar met gemeenschappelijk AAN- en UIT-signaal.



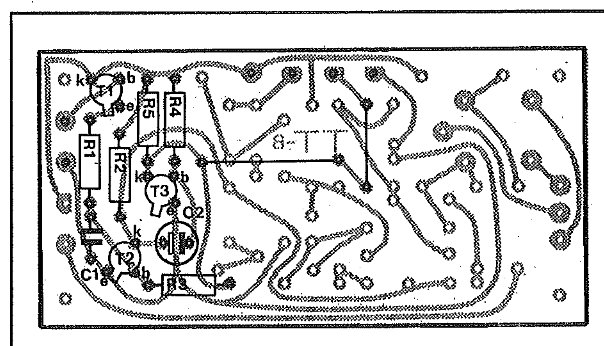
Figuur 4/14.70-14: Wisselschakelaar met gemeenschappelijke AAN- en UIT-besturing.

De bouw van de print

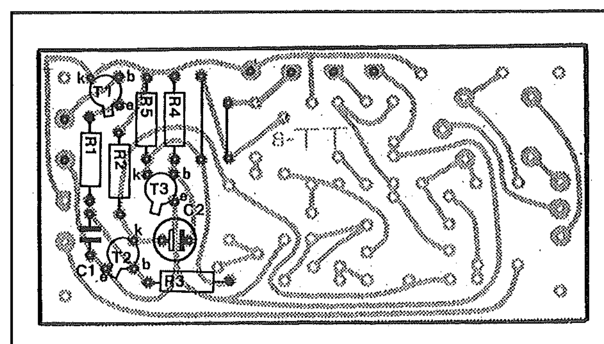
Welke onderdelen wél en niet op de print horen hangt af van de rol die de print in het systeem heeft te vervullen.

In de figuren 4/14.70-12 t/m 16 zijn de verschillende bestukkingen getekend.

- Enkelvoudige AAN/UIT-schakelaar: figuur 4/14.70-12
- Enkelvoudige AAN/UIT-schakelaar met besturing door een extern "AAN"- en "UIT"-signaal: figuur 4/14.70-13
- Wisselschakelaar: figuur 4/14.70-14, zonder R13 en D4
- Wisselschakelaar met extern "AAN"- en "UIT"-signaal: figuur 4/14.70-14
- Gemeenschappelijke "AAN"-schakelaar: figuur 4/14.70-15
- Gemeenschappelijke "UIT"-schakelaar: figuur 4/14.70-16

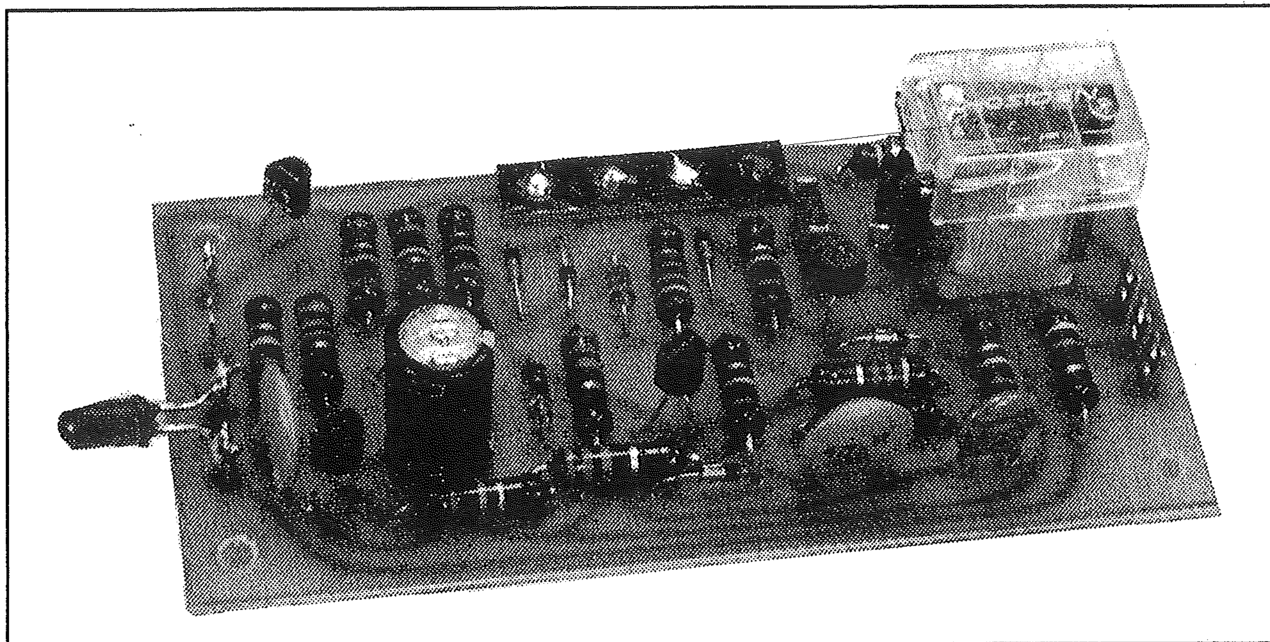


Figuur 4/14.70-15: Gemeenschappelijke AAN-schakelaar.



Figuur 4/14.70-16: Gemeenschappelijke UIT-schakelaar.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-17: De volledig gemonteerde print.

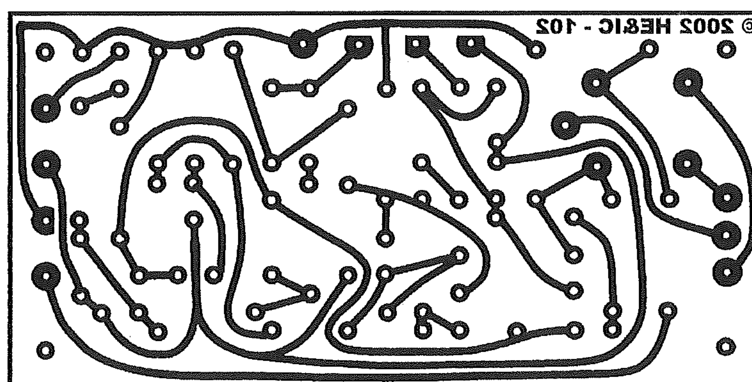
Tot slot geeft figuur 4/14.70-17 een impressie van de volledig gemonteerde print.

Toepassingen

Hier valt eigenlijk niets over te zeggen. Wie dit hoofdstuk goed gelezen heeft, zal zelf de universele bruikbaarheid van deze schakeling ontdekt hebben.

In ieder geval moeten de gebruikte printjes ingebouwd worden in een metalen kastje, dat met de massa van de schakeling verbonden wordt. Deze massaverbinding kan bijvoorbeeld tot stand komen door de negatieve pool van de gebruikte 9 V voeding niet alleen met de printjes te verbinden, maar ook met het kastje.

14.70 Universele tiptoets schakelaar



Figuur 4/14.70-10: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar www.vego.nl/hobby en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.70 Universele tiptoets schakelaar

4/14.71

Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

Inleiding

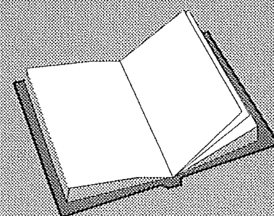
De UAA170 standaard
Hoewel er heel wat IC's op de markt zijn die één of meerdere LED's laten branden, afhankelijk van de grootte van de aan de ingang aangeboden gelijkspanning, is het toch zo dat de UAA170 en UAA180 van Siemens een overgroot gedeelte van de toepassingen op dit gebied voor hun rekening nemen. Deze IC's waren de eerste die voor dit soort LED-meters in de doe-het-zelf sector beschikbaar waren en zijn uitgegroeid tot een goedkope de-facto standaard op dit gebied. De schakeling in dit hoofdstuk heeft de UAA170 als basis. Dat is een IC dat 16 op een rijtje opgestelde LED's kan sturen, waarbij de grootte van de ingangsspanning bepaalt welke LED gaat oplichten. Er brandt dus steeds maar één LED, een principe dat door het leven gaat als dot-uitlezing.

Toepassingen
Deze schakeling is ontworpen als basis voor een aantal toepassingen. Iedere toepassing zal op een eigen, klein printje ondergebracht worden, dat zeer eenvoudig met de print voor de uitlezing samengebouwd kan worden.
Een eerste toepassing is een accuspanningsmeter met onderdrukt nulpunt, die uiteraard in deel 4/8 aan de orde zal komen. Een tweede toepassing is een luxe VU-meter, die in deel 4/2 wordt beschreven. Een derde toepassing is een reactietijd meter, die in dit deel wordt ondergebracht.

Van dot naar bar
Met een extra printje krijgt de schakeling dezelfde uitlezing als de UAA180. Dan zal niet één LED branden, maar een hele kolom. De lengte van de oplichtende kolom is dan afhankelijk van de grootte van de ingangsspanning. Dit principe wordt bar-uitlezing genoemd. Deze zogenaamde thermometerschaal wordt vaak toegepast bij LED VU-meters.

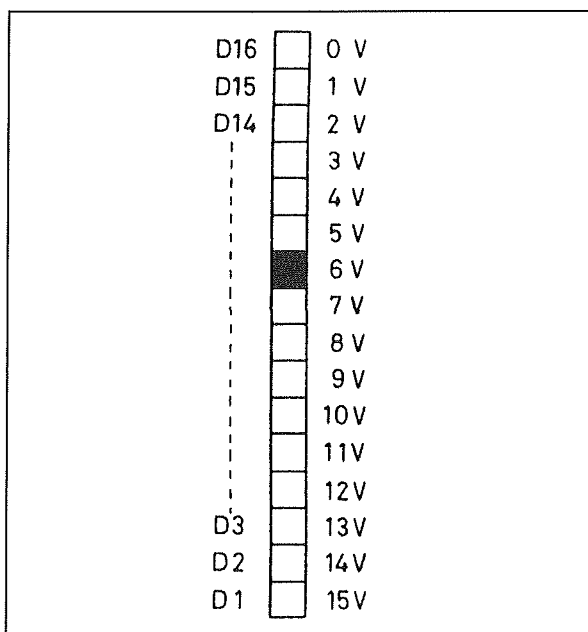
De UAA170
In deze paragraaf zullen we de hoofdrolspeler van deze bouwbeschrijving in kort

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.22
Hoofdstuk 4/14.72
Hoofdstuk 6/6.9



14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

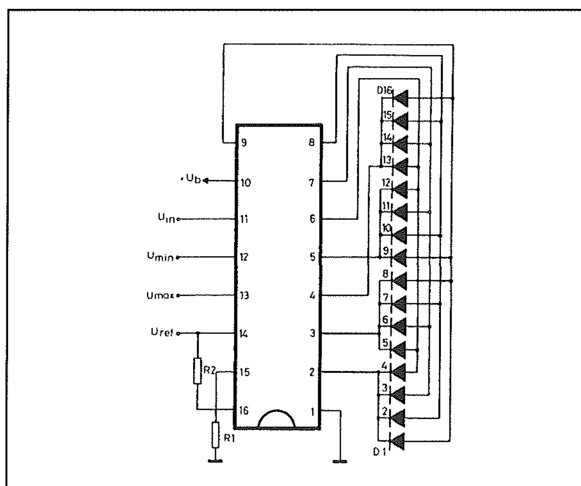
bestek presenteren: de UAA170. De uitlezing van het IC wordt verzorgd door 16 LED's, die ofwel keurig in een rij worden opgesteld, ofwel grilligere vormen kunnen vertonen, zoals bijvoorbeeld een deel van een cirkel. In figuur 4/14.71-1 is een typische uitlezing getekend. De 16 LED's zijn keurig in een rijtje gesoldeerd, waarbij bij voorkeur de bekende platte LED's uitgekozen worden. In het getekende voorbeeld gaat LED D10 branden. Dat wil zeggen dat de gemeten ingangsspanning ongeveer gelijk is aan 6 V.
De nauwkeurigheid van zo'n uitlezing is uiteraard niet zo groot. De spanning kan zowel 5,7 V als 6,3 V zijn. LED voltmeters worden dus niet gebruikt vanwege de hoge nauwkeurigheid. Wel staat er een heleboel voordelen tegen dit ene nadeel. De LED-meter is onverwoestbaar, is snel en in vele gevallen goedkoper dan een draaispoelmeter of zevensegment uitlezing.



Figuur 4/14.71-1: Het principe van de kolomuitlezing met LED's.

Het basisschema van de LED-meter

Hoe een en ander in het werk gaat is getekend in figuur 4/14.71-2, waar we de basis-schakeling rond het IC getekend hebben. Het geïntegreerde circuit is ondergebracht in een 16-pins huisje. De voedingsspanning wordt aangesloten tussen de pennen 1 en 10. Pen 1 is dan de massa, terwijl aansluiting 10 voorzien wil worden van een positieve spanning tussen 9 V en 18 V. De aansluitingen 2 tot en met 9 worden gebruikt voor het sturen van de lichtgevende dioden. Er zijn dus slechts acht aansluitingen beschikbaar voor het sturen van 16 LED's. Uit het schema volgt hoe men dit probleem heeft opgelost. De LED's zijn onderverdeeld in groepen van vier, die ieder uit één pen gestuurd worden. Verder in het verhaal komen we terug op deze sturing.



Figuur 4/14.71-2: Het basisschema rond de UAA170.

In het IC is een referentiespanning ingebouwd. Deze constante, gestabiliseerde spanning van ongeveer 5 V staat ter beschikking op aansluiting 14. De stroom, die uit deze uitgang afgenomen mag worden, bedraagt 3 mA. Het nut van deze referentiespanning zal later duide-

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

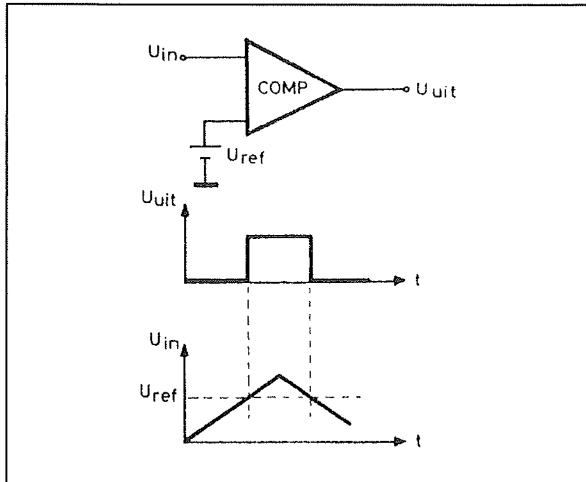
lijk worden. De aansluitingen 15 en 16 stellen de stroom in, die door de LED's zal vloeien. De instelspanningen op deze pinnen bepalen zodoende de helderheid van de uitlezing. De stroom door de LED's kan variëren tussen 0 en 50 mA. Het regelgebied van de stroom is afhankelijk van de waarde van de weerstand tussen aansluiting 15 en de massa. Is deze weerstand (R1 in figuur 4/14.71-2) gelijk aan 1 kΩ, dan staat het volledige regelgebied van 0 tot 50 mA ter beschikking. De waarde van de stroom binnen dit gebied wordt bepaald door de weerstand tussen de pennen 14 en 16. Is deze weerstand groter dan 40 kΩ, dan is de diodestroom nul. De uitlezing is dus gedoofd. De maximale stroom van 50 mA vloeit door de lichtgevende dioden, als de weerstand tussen 14 en 16 gelijk is aan 10 kΩ.

De te meten ingangsspanning wordt aangelegd op aansluiting 11. Soms komt deze spanning rechtstreeks aan deze pen. Daar echter de spanning op deze ingang maximaal 6 V mag zijn, zal vaak een spanningsdeler tussen de te meten spanning, pin 11 en de massa geschakeld worden. De ingang van het IC is vrij hoogohmig. De schakeling vraagt maximaal 1 µA van de aan pin 11 aangelegde spanning.
De aansluitingen 12 en 13 zijn tot nu toe onbesproken. Zij worden aangesloten op twee gelijkspanningen tussen 0 V en 6 V waarbij de spanning op pen 13 altijd groter moet zijn dan de spanning op aansluiting 12. Deze twee instelspanningen bepalen het meetbereik van de meter. Als pen 12 op 0 V staat en pen 13 op 6 V loopt het meetbereik van de meter van 0 V tot 6 V. Dat wil zeggen dat alle 16 LED's een na een oplichten als de ingangsspanning langzaam stijgt van 0 V tot 6 V. Als U12 gelijk is aan 2 V en U13 gelijk aan 4 V loopt het meetbereik van de meter van 2 V tot 4 V. Zolang de ingangsspanning op pen 11 kleiner is dan 2 V zal de eerste LED uit het rijtje branden. Als de spanning stijgt van 2 V tot 4 V zullen alle LED's een na een oplichten. De laatste LED blijft branden, zolang de ingangsspanning groter is dan 4 V.
Naast deze instelling van het meetbereik bepalen de spanningen op 12 en 13 ook het soort uitlezing. Als de spanning op pin 13 meer dan 4 V groter is dan de spanning op 12 zullen de LED's een na een gaan branden. Zodra de ene dooft, gaat de volgende opgloeien. Is het spanningsverschil tussen 12 en 13 kleiner dan 1,2 V dan is de overgang geleidelijk. Terwijl de ene LED nog zwak brandt, begint de volgende al op te lichten. Tussen 4 V en 1,2 V spanningsverschil heeft men een overgangssituatie van de ene naar de andere soort uitlezing.

De werking van het IC
Hoewel de exacte werking van de schakeling voor eeuwig verborgen blijft in de ingewanden van het zwarte lijfje, zullen we in deze paragraaf een poging wagen de principiële werking van het IC toe te lichten. Het hart van de schakeling, om maar in chirurgische termen te blijven spreken, is een comparator. De werking van deze schakeling wordt toegelicht aan de hand van figuur 4/14.71-3. Een comparator heeft twee ingangen, waarvan één wordt aangesloten op een constante spanning U_{ref}. De tweede ingang moet de ingangsspanning onder zijn hoede nemen.
De comparator zal nu de grootte van de ingangsspanning vergelijken met de waarde van de constante spanning. Zo-

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

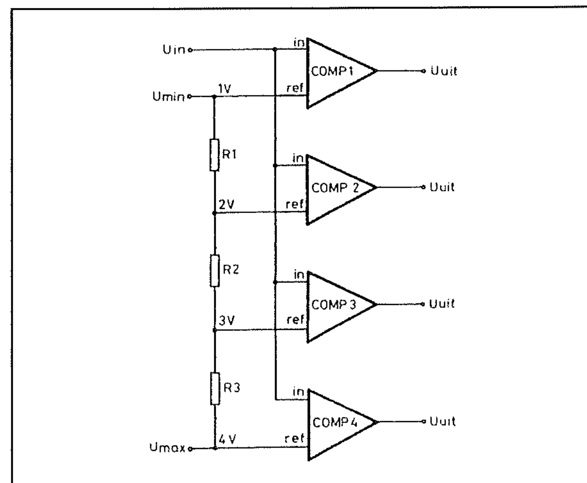
lang de ingangsspanning kleiner is dan de referentiespanning zal de uitgang van de schakeling nul zijn.



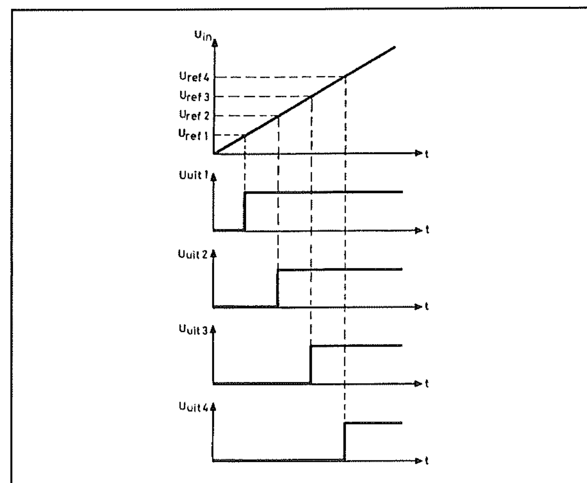
Figuur 4/14.71-3: De werking van een comparator.

Op het moment dat de ingangsspanning groter wordt dan de referentie, zal de uitgang van de schakeling omklappen en positief worden. De ingangskring van het IC is opgebouwd uit niets meer dan zestien van dat soort comparatoren. In figuur 4/14.71-4 is het schema getekend, maar er zijn slechts vier van de in totaal zestien trappen getekend. Alle bovenste ingangen van de comparatoren zijn parallel geschakeld en verbonden met de te meten ingangsspanning U_{in}.
Tussen de pennen 12 en 13 zijn drie weerstanden in serie geschakeld, die dezelfde waarde hebben. De referentie-ingangen van de comparatoren zijn verbonden met de knooppunten van deze serieschakeling. Het zal duidelijk zijn dat het spanningsverschil tussen U_{min} en U_{max} zich evenredig verdeeld over de weerstanden. Over iedere weerstand ontstaat dus een even grote spanning, zodat iedere referentiespanning een constante factor hoger is dan de vorige.

In de grafieken van figuur 4/14.71-5 is dit geïllustreerd.



Figuur 4/14.71-4: Een vereenvoudigde voorstelling van de ingangskring van de UAA170.



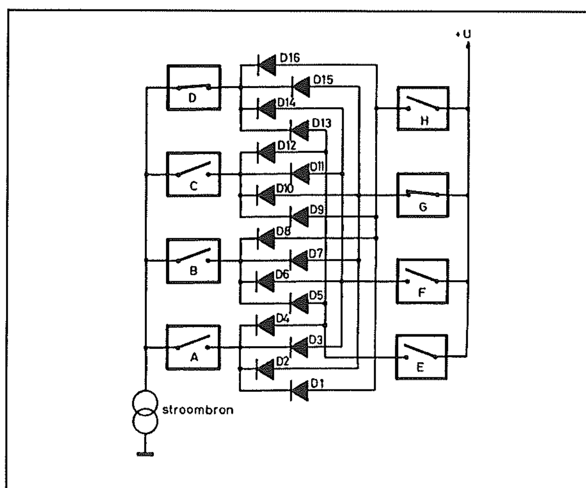
Figuur 4/14.71-5: De grafische verklaring van de werking van de comparator schakeling van figuur 4/14.71-4.

U_{min} is gelijk aan 1 V, U_{max} is gelijk aan 4 V. Hieruit volgt dat U_{ref1} 1 V is, U_{ref2} 2 V, U_{ref3} 3 V en U_{ref4} 4 V. Als de ingangsspanning stijgt van 0 V nul naar 5 V zullen de uitgangen van de comparatoren één na één omschakelen.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

In het IC UAA170 gebeurd precies hetzelfde, maar dan met 16 comparatoren. De informatie op de 16 uitgangen van die schakelingen wordt gebruikt voor het sturen van de LED's.

De sturing van de LED's
De sturing van de LED's wordt verklaard aan de hand van figuur 4/14.71-6. De zestien lichtgevende dioden zijn verbonden met acht elektronische schakelaars. De kathoden van vier LED's zijn steeds gemeenschappelijk verbonden met één van de elektronische schakelaars A, B, C of D. Deze schakelaars gaan via een constante stroombron naar de massa. Uit iedere groep van vier LED's gaat één anode naar een schakelaar uit de groep E, F, G of H. Deze schakelaars verbinden de anoden van de lichtgevende dioden met de positieve voedingsspanning.

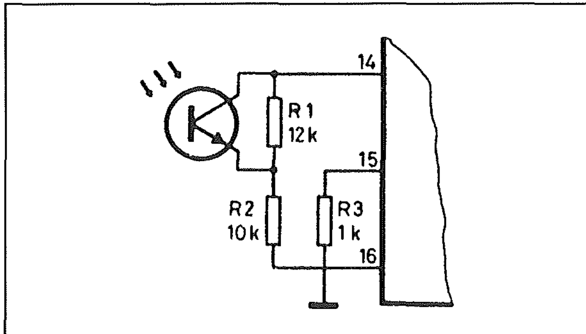


Figuur 4/14.71-6: De werking van de LED-besturing.

De acht elektronische schakelaars worden gestuurd uit de comparatoren, weliswaar met tussenschakeling van een brok digitale elektronica. Deze schakeling zal er voor zorgen dat voor iedere mogelijke combinatie van comparator uitgangsspanningen de juiste elektronische schakelaars geopend en gesloten worden. Het zal duidelijk zijn dat de stroombron gestuurd wordt uit de pennen 15 en 16 van het IC. De spanningen op deze aansluitingen bepalen immers de diodestroom en dus ook de instelling van de stroombron, die verantwoordelijk is voor het vloeien van de stroom door de dioden.
Stel, dat schakelaars D en G gesloten zijn. Er ontstaat dan een gesloten stroomkring. Ga maar na! Van de positieve voedingsspanning door schakelaar G naar anode van D15. Van de kathode van deze LED, via de gesloten schakelaar D naar de constante stroombron en dan af naar de massa.
Conclusie: gesloten elektronische schakelaars D en G zullen D15 laten branden. Telkens als twee schakelaars worden gesloten, één uit het groepje A, B, C, D en één uit het groepje E, F, G, H, zal één van de zestien LED's oplichten.

Helderheidsregeling van de uitlezing
Zoals reeds geschreven kan men de stroom die door de LED's vloeit instellen door middel van twee weerstanden, aangesloten op de pennen 14, 15 en 16 van het IC. Naast deze vaste instelling kan men de intensiteit van de uitlezing automatisch aanpassen aan het omgevingslicht. Hoe dat gaat zien we in figuur 4/14.71-7.
Tussen pen 15 en de massa is de gebruikelijke weerstand van 1 kΩ geschakeld. De weerstand tussen 14 en 16 is vervangen door een netwerkje, waarbij de fototransistor BP101 de show steelt. Als de hoeveelheid licht, die op het gevoelige oppervlak van deze halfgeleider valt, varieert zal ook de weerstand tussen emitter en collector wijzigen.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

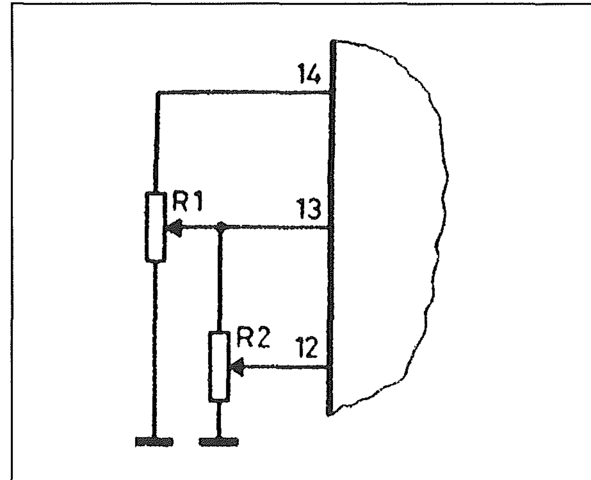


Figuur 4/14.71-7: Het automatisch regelen van de intensiteit van de uitlezing.

Zodoende wordt de vaste weerstand R1 overbrugd door een variabele en zal de stroom door de LED's afhankelijk worden van de intensiteit van de omgevingslichtsterkte. Het zal duidelijk zijn dat de vaste weerstand R2 noodzakelijk is voor het begrenzen van de stroom op de maximale waarde van 50 mA. De fototransistor kan zonder meer vervangen worden door een gewone lichtgevoelige weerstand, een LDR.

Het instellen van het meetbereik

Door middel van de spanningen op de punten 12 en 13 kan men de grenzen van de uitlezing instellen. Figuur 4/14.71-8 geeft hiervoor het meest eenvoudige schema. Een potentiometer R1 is verbonden tussen de massa en de interne referentiespanning van 5 V (pen 14). De loper van deze potentiometer gaat naar aansluiting 13. De spanning van deze potentiometer voedt een soortgenoot, R2. Het instelcontact van dit onderdeel voorziet pen 12 van spanning. De spanning op deze laatste aansluiting zal dus altijd kleiner zijn dan de spanning op pen 13. Als de waarde van R1 vele malen kleiner is dan de waarde van R2, zullen beide grenswaarde instellingen soepel verlopen.



Figuur 4/14.71-8: Het instellen van de meetgrenzen van de uitlezing.

De basisprint

De praktische schakeling

Het praktisch schema van deze toepassing met de UAA170 is getekend in figuur 4/14.71-9. De ingang nummer 11 is rechtstreeks naar buiten gevoerd, zodat we er bij de later te beschrijven toepassingen alle kanten mee op kunnen. R1 en R2 zorgen voor de instelling van het meetbereik. De intensiteit van de uitlezing is vast ingesteld door middel van de weerstanden R3 en R4. Voor die toepassingen, waarbij een aanpassing van deze helderheid noodzakelijk is, zal de weerstand R3 door twee draadbruggetjes verbonden worden met de print van de uitbreidingsschakeling.

De bouw van de schakeling

De basisprint voor de schakeling is getekend in figuur 4/14.71-10, op de laatste pagina van dit hoofdstuk. Figuur 4/14.71-11 geeft een plattegrond voor het volbouwen van het nu nog troosteloos kale stukje epoxy.
Alleen over de montage van de LED's valt iets zinnigs te schrijven.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

ONDERDELENLIJST BASISPRINT

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R3	15 kΩ
R4	1 kΩ

INSTELPOTENTIOMETERS, STAAND, 15 x 10 mm

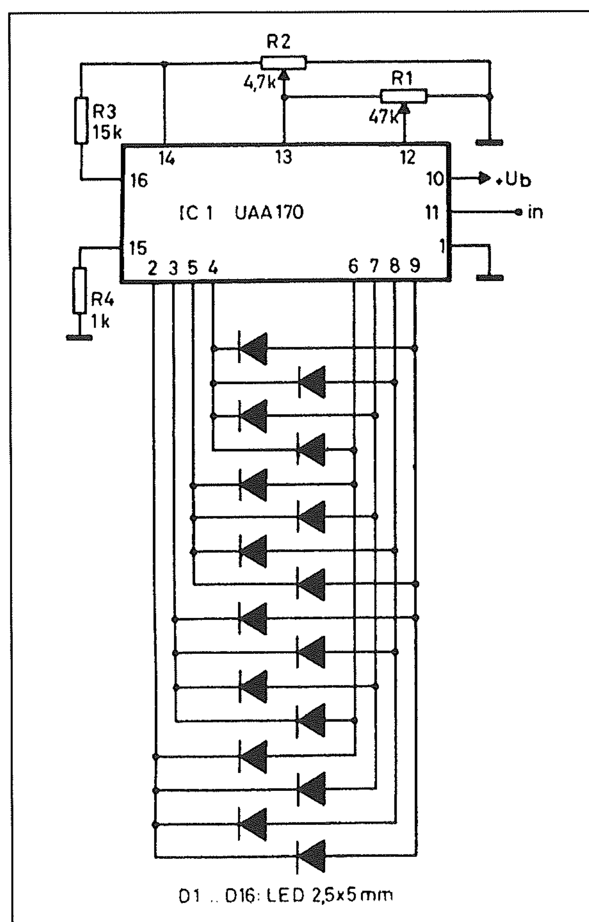
R1	47 kΩ
R2	4,7 kΩ

HALFGELEIDERS

D1-D16	platte LED, kleur naar wens
IC1	UAA170

DIVERSEN

1	IC-voetje, 16 pennen
3	printsoldeerlipje



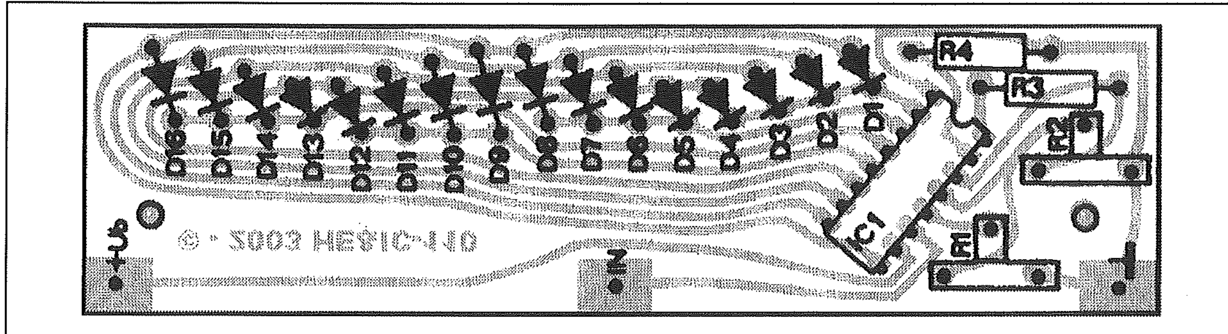
Figuur 4/14.71-9: De praktische schakeling van de LED-meter.

Meestal zijn printjes voor de UAA170 versierd met een heleboel draadbruggetjes. De gekke verbindingen tussen IC en de zestien LED's zijn daar de oorzaak van. Wij hebben dit probleem opgelost door de LED's tegen de rand van de print te monteren. De aansluitdraadjes van deze onderdelen lopen dan over het oppervlak van de print en overbruggen zodoende de koperbanen. Een en ander heeft wél tot gevolg, dat sommige soldeergaatjes voor de LED's op 12 millimeter van de rand van de print liggen. Nu heeft men platte LED's met lange aansluitdraden en dan is er geen probleem. Soortgenoten die het met kortere extremiteiten moeten stellen (6 millimeter draadjes) zijn niet zo geschikt en solliciteren vruchteloos. Voor de duidelijkheid geeft figuur 4/14.71-12 de aansluitcode van platte LED's.

Het gebruik van de schakeling

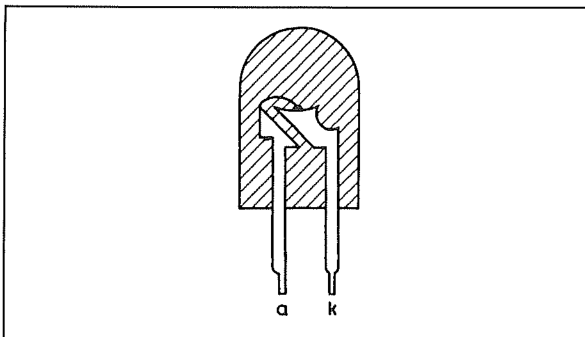
Hoewel enigszins onlogisch, zal de LED die op de printtekening betiteld is met D16 gaan branden bij de laagste ingangsspanning en D1 bij de hoogste.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's



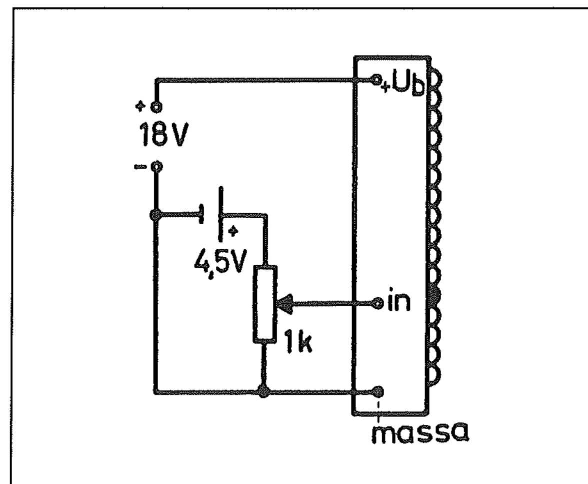
Figuur 4/14.71-11: De componentenopstelling van de basisprint.

Wij hebben de door de fabrikant opgegeven codering voor de 16 LED's gevolgd. Dat heeft wél tot gevolg dat de normale uitlezing, dus van links naar rechts bij stijgende spanning, alleen ontstaan als de print op haar kop wordt gemonteerd. Dan staat D16 links en D1 rechts. De print kan getest worden volgens het schema van figuur 4/14.71-13. Tussen de aansluitlipjes "massa" en "+Ub" wordt een gelijkspanning van 9 V tot 18 V aangesloten, met de positieve pool aan "+Ub".



Figuur 4/14.71-12: De aansluitcode van platte LED's.

De ingang wordt verbonden met een regelbaar spanninkje tussen 0 V en 5 V, bijvoorbeeld van een platte 4,5 V batterij. De ingangsspanning is positief ten opzichte van de massa. Door te experimenteren met de standen van de twee instelpotentiometers op de print en de potentiometer over de batterij ontstaat zeer snel het nodige inzicht in de werking van de schakeling.



Figuur 4/14.71-13: Het afregelen van de basisschakeling.

In eerste instantie draait men R2 helemaal open en R1 volledig dicht. De meetgrenzen zijn dan 0 V en 5 V zodat bij het verdraaien van de potentiometer over de batterij zowat de totale LED-kolom gaat oplichten. Door verdraaien van de instelpotentiometers kan men de meetgrenzen, waarop de uitlezing reageert, dichter bij elkaar brengen. Op een bepaald moment gaan dan natuurlijk wel meer dan één LED tegelijk oplichten. Het afregelen van de trimmers is uiteraard eerst voorgoed aan de

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

orde bij de verschillende toepassingen van deze schakeling.

Van dot naar bar

Inleiding

Met de basisprint kunt u zowat alle mogelijke verschijnselen meten. Spanning? Sluit een geschikte spanningsdeler aan op de ingang en een van de zestien lichtgevende dioden zal de grootte van de te meten spanning aanduiden. Temperatuur? Schakel vóór de schakeling een geschikte temperatuur naar spanning omzetter en de LED-schaal zal door het laten oplichten van één LED de heersende temperatuur verklappen.
Voor sommige metingen is deze puntvormige uitlezing echter niet zo geschikt. Denk bijvoorbeeld aan een VU-meter. Deze duidt de grootte van een geluidssignaal aan. Bij de meeste LED VU-meters wordt de intensiteit van het geluidssignaal aangegeven door middel van het oplichten van een aantal naast elkaar opgestelde LED's. Deze zogenaamde thermometerschaal vormt de te meten grootheid om in een lichtkolom, waarvan de lengte evenredig is met de grootte van de aan de ingang aangesloten spanning. Het zou dus ideaal zijn, als we dit soort "bar"-uitlezing ook met de UAA177 zouden kunnen realiseren. Nu kan dat niet zonder meer. Het IC is er immers op gebouwd maar één van de 16 LED's te laten branden. Door middel van een eenvoudige schakeling kan men het IC echter toch een thermometerachtige schaal laten produceren.

Het principe van de schakeling

Het principe van de schakeling kan het best worden toegelicht aan de hand van een experimentje. Stel, zoals in figuur 4/14.71-13 geschetst, dat we aan de ingang van de basisschakeling een 4,5 V batterijtje aanleggen met een potentiometer. Als we de potentiometer langzaam opendraaien, dan zullen alle LED's een na een oplichten. Nadien draaien we de knop zo snel mogelijk terug in de beginstand. De uitlezing springt van LED D1 naar LED D16. Natuurlijk zullen alle tussenliggende dioden even oplichten. Bij het retour draaien van de potentiometer gaat de spanning immers zeer snel van 4,5 V naar 0 V. Dit gaat echter zo snel, dat we het oplichten van D2 tot en met D15 niet waarnemen.
Wat gebeurt er als we de potentiometer steeds sneller opendraaien? De LED-jes zullen nog steeds een na een oplichten, maar door de traagheid van het menselijke oog zullen we op een bepaald moment alle dioden schijnbaar gelijktijdig zien oplichten. Hetzelfde verschijnsel doet zich voor film en televisie. Ook daar zien we een bewegend beeld, terwijl dit beeld toch bestaat uit respectievelijk een aantal dia's, snel na elkaar geprojecteerd, en een lichtstip, die 50 beelden per seconde op het scherm schrijft.
Stel dat we een spanning van 3 V door middel van de UAA170 willen omzetten in een lichtkolom. Het volstaat dan deze gelijkspanning om te vormen in een 50 maal per seconden van 0 tot 3 V stijgende spanning en dit signaal aan te bieden aan de ingangsklemmen van de schakeling. Vijftig maal per seconde zullen dan de LED's "0 V" tot en met "3 V" oplichten, hetgeen in het netvlies verwerkt wordt tot een lichtkolom.

Een zaagtandspanning genereren

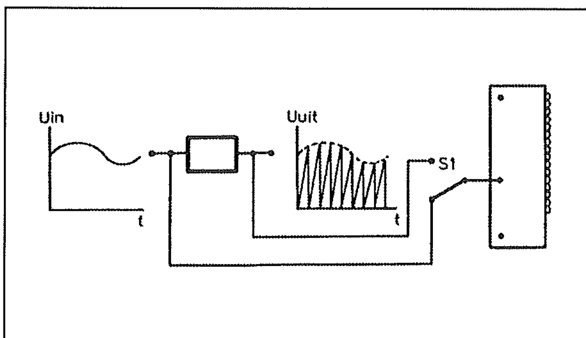
Een spanning die van 0 V stijgt tot een bepaalde waarde, dan plotsklaps nul

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

wordt en nadien weer stijgt tot genoemde waarde, staat in de elektronica bekend als zaagtandspanning. We zullen dus de ingangsspanning voor de schakeling moeten omzetten in een zaagtandspanning, waarvan de maximale waarde steeds gelijk blijft aan de grootte van de ingangsspanning.

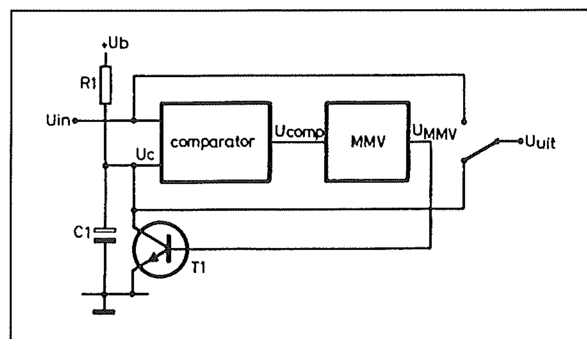
Het blokschema van de schakeling

In figuur 4/14.71-14 wordt grafisch het omzettingsproces voorgesteld. De ingangsspanning U_{in}, een langzaam variërende gelijkspanning, die normaal rechtstreeks aan de ingangsklemmen van de basisschakeling zou worden aangeboden, wordt nu eerst gepresenteerd aan de "dot naar bar"-schakeling. Dit brok elektronica levert een zaagtandspanning, waarvan de voornaamste eigenschap is dat de grootte van iedere tand precies gelijk is aan de grootte van de ingangsspanning op dat moment.



Figuur 4/14.71-14: Het principe van de dot naar bar omzetting.

Door middel van de omschakelaar S1 kan men ofwel de zaagtand, ofwel de ingangsspanning aanleggen aan de basisprint. Met deze schakelaar kan dus worden gekozen tussen dot- of bar-uitlezing. De blokschematische voorstelling van de schakeling is weergegeven in figuur 4/14.71-15. Het hart van de schakeling zijn de twee in serie geschakelde onderdelen R1 en C1. Zoals men weet zal een condensator zich opladen, als er door het onderdeel stroom wordt gestuurd. Dat opladen houdt in dat de spanning die we over het onderdeel meten, langzaam stijgt.



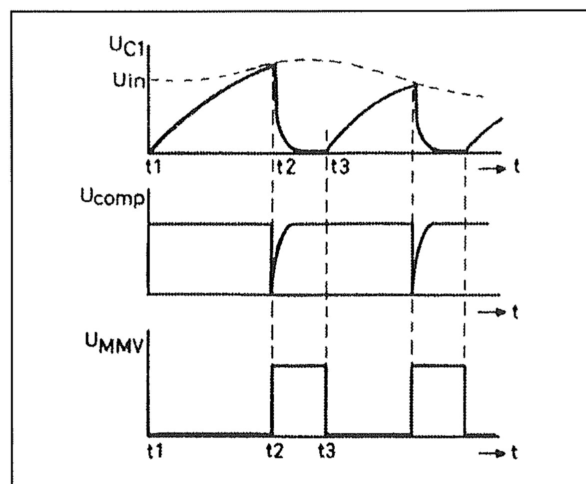
Figuur 4/14.71-15: Het blokschema van de schakeling.

In de getekende schakeling kan er stroom in de condensator vloeien. Deze is immers via de genoemde weerstand met de positieve voedingsspanning verbonden. Bij het aanschakelen van de voeding is de condensator uiteraard volledig ontladen. De spanning over dit onderdeel is nul. De spanning over de condensator neemt vanaf dat moment echter toe en als er niets gebeurde, zou de condensator zich vol zuigen tot zijn spanning gelijk zou zijn aan de voedingsspanning.
Over de condensator staat echter een transistor T1. Het zal duidelijk zijn, dat dit onderdeel de idylle wreed kan verstoren. Als deze halfgeleider in geleiding wordt gestuurd ziet de condensator de moeizaam opgespaarde spanning opeens afvloeien naar de massa. De geleidende transistor is immers niets anders dan een kortsluiting. De condensatorspanning wordt nul en blijft zo laag bij de grond tot de transistor gaat sperren.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

Als we er nu voor kunnen zorgen dat de condensator wordt ontladen op het moment dat de spanning over het onderdeel gelijk is aan de ingangsspanning, zijn we een aardig eind op weg naar waar we wezen moeten. De condensatorspanning voldoet dan aan het getekende in figuur 4/14.71-14.
De condensatorspanning moet vergeleken worden met de ingangsspanning. Gaat er nu geen LED'tje in uw hoofd branden? Inderdaad, de reeds eerder besproken comparator is ideaal voor het vergelijken van twee spanningen. De comparator vergelijkt de spanning over de condensator met de ingangsspanning. Als beide spanningen aan elkaar gelijk worden, zal de uitgang van de comparator omklappen. Het volstaat deze informatie te gebruiken voor het in geleiding sturen van de transistor T1.
Uiteraard willen we de condensator volledig ontladen. Transistor T1 moet bijgevolg enige tijd in geleiding blijven, zodat alle elektronen zich rustig van de bovenste plaat van de condensator naar massa kunnen begeven. Vandaar dat tussen de uitgang van de comparator en de basis van de transistor een monostabiele multivibrator MMV is geschakeld. In rust is de uitgangsspanning van dit blok nul, zodat de transistor niet wordt gestuurd. Het omklappen van de comparator port de MMV op, zodat deze een korte positieve uitgangspuls zal oprispen. Het ontlaadmechanisme komt op gang, de condensator zoekt de massa op en de comparator komt tot rust. Na de puls is het systeem klaar voor de tweede zaagtandperiode.
Het proces is in figuur 4/14.71-16 grafisch samengevat, hetgeen steeds heel wat duidelijk maakt. Nog eens in vogelvlucht:

- tijdstip t1: de condensator wordt opgeladen;
- tijdstip t2: de condensatorspanning wordt gelijk aan de ingangsspanning, de comparator klapt om (negatieve puls) en de uitgangspuls van de MMV doet zijn intrede;
- tijdstip t3: de condensator is volledig ontladen en daar bovendien de uitgang van de MMV wederom nul is, kan een tweede cyclus starten.

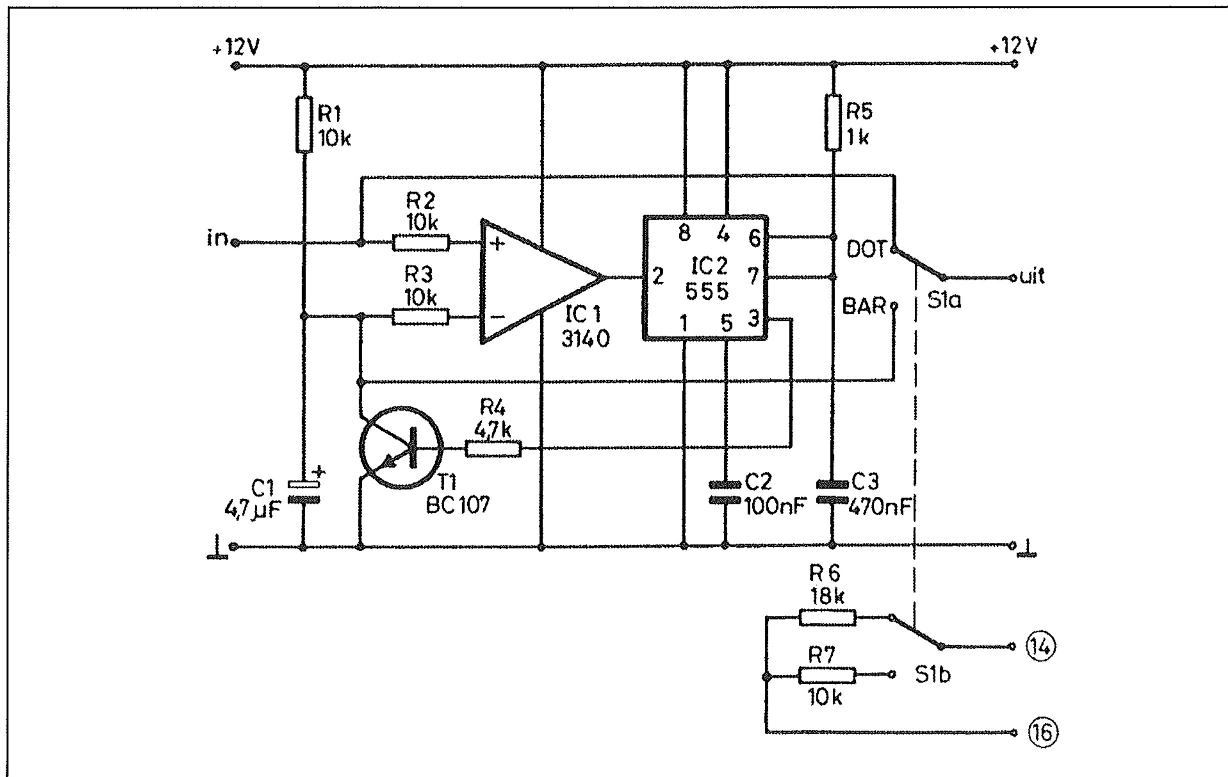


Figuur 4/14.71-16: De werking van het blokschema van figuur 4/14.71-15 grafisch toegelicht.

De praktische schakeling

Figuur 4/14.71-17 geeft de vertaling van het blokschema in onderdelen elektronica. Het zaagtand opbouwende netwerk bestaat uit weerstand R1 van 10 kΩ en condensator C1 van 4,7 μF. De spanning over de elco wordt via weerstand R3 aangeboden aan de negatieve ingang van de comparator. De ingangsspanning bereikt de positieve ingang na het doorlopen van weerstand R2. De uitgang van de op-amp IC1 (de comparator) stuurt rechtstreeks de trigger-ingang van een tweede IC.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's



Figuur 4/14.71-17: Het praktisch schema van de dot naar bar omzetter.

Dat is de beroemde timer 555, die hier echter wordt gebruikt als monostabiele multivibrator. Volstaan kan worden met het vermelden dat op de uitgang (pen 3) een positieve puls verschijnt, als de trigger-ingang naar de massa gaat. De duur van deze puls is afhankelijk van de waarde van de onderdelen tussen de voeding, pennen 6 en 7 en de massa. R5 en C3 bepalen dus de breedte van de puls. Het IC voedt zich via de aansluitingen 1 en 8.
De niet gebruikte pennen 4 en 5, respectievelijk bruikbaar als reset of modulator, worden bij deze toepassing niet gebruikt en op de voorgeschreven manier onmondig gemaakt. Weerstand R4 stuurt de basis van de ontlaadtransistor T1. Door middel van de eerste sectie van de omschakelaar (Sla) kan men de uitgang van de schakeling verbinden met de ingang of met de zaagtand over C1.

De tweede sectie van deze schakelaar wordt gebruikt voor het omschakelen van een weerstand op de basisprint. Het zal duidelijk zijn dat de intensiteit van de uitlezing kleiner is bij bar dan bij dot. In het laatste geval brandt één LED continu, terwijl bij bar iedere LED slechts gedurende een fractie van de totale meetcyclus "aan het licht is".
Gelukkig heeft het UAA170 IC een helderheidsregeling. De weerstand tussen de pennen 14 en 16 bepaalt de intensiteit van de LED's. Wat ligt er dan meer voor de hand om deze extra service van de fabrikant te gebruiken en deze weerstand omschakelbaar te maken?
Voor dot kiezen we 18 kΩ, hetgeen een gemiddelde intensiteit tot gevolg heeft. Bij bar schakelen we 10 kΩ in, zoals bekend de minimale waarde voor deze weerstand.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

ONDERDELENLIJST DOT NAAR BAR

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R2,R3,R7	10 kΩ	
R4	4,7 kΩ	
R5	1 kΩ	
R6	18 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	4,7 µF	16 V printelco
C2	100 nF	MKH
C3	470 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
T1	BC107	
IC1	3140, mini-DIL	
IC2	555, mini-DIL	
DIVERSEN		
2	IC-voetje, 8 pennen	
1	tweepolige omschakelaar, tuimel	
10	printsoldeerlipje	
2	afstandsbusje, 15 mm, plastic	
2	M3x20 boutje	
2	M3 moertje	

Opmerking

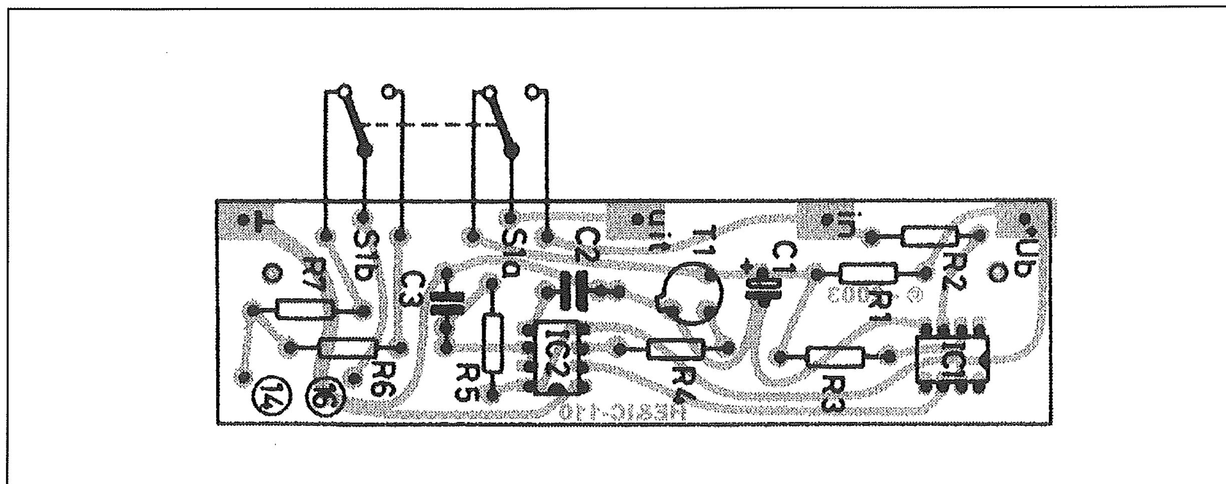
De intensiteit kan niet constant zijn bij bar-uitlezing. Stel dat de ingangsspanning tot gevolg heeft dat drie LED's gaan branden. Iedere LED zal dan gedurende 1/3 van de cyclus-tijd licht uitstralen. Verhoog de ingangsspanning tot de kolom uit 10 LED's bestaat. Iedere LED zal nu slechts gedurende 1/10 van de periode licht uitstralen, zodat de waargenomen intensiteit veel kleiner is. Bovendien is in het tweede geval de totale meettijd groter, hetgeen de helderheid nog eens doet dalen. De schakeling is dus geen ideale vervanger van een typische bar-uitlezing, zoals kan worden opgebouwd met het UAA180 IC.

De bouw van de schakeling

Figuur 4/14.71-18, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, geeft de print voor de schakeling, waarbij opvalt dat de afmetingen gelijk zijn aan deze van de basisprint. Hetgeen doet veronderstellen dat deze print wordt samengebouwd met de uitlezing. Zover zijn we nog niet, dus eerst de soldeerbout in het stopcontact en de blikken gericht op figuur 4/14.71-19. De zeven weerstanden, drie condensatoren, twee IC's en één transistor zitten in een-twee-drie op de print. Nadien worden tien soldeerlipjes in de gaatjes voor de in- en uitgangen gesoldeerd.

De print wordt nu even terzijde gelegd en de basisprint wordt onder handen genomen. Deze print wordt volgebouwd volgens de bestukkingstekening van figuur 4/14.71-11. Er is slechts één wijziging: de weerstand R3, verantwoordelijk voor het instellen van de lichtintensiteit, wordt niet in de print gesoldeerd.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

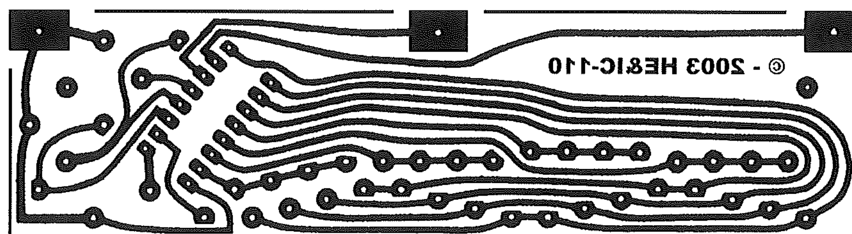


Figuur 4/14.71-19: De componentenopstelling van de tweede print.

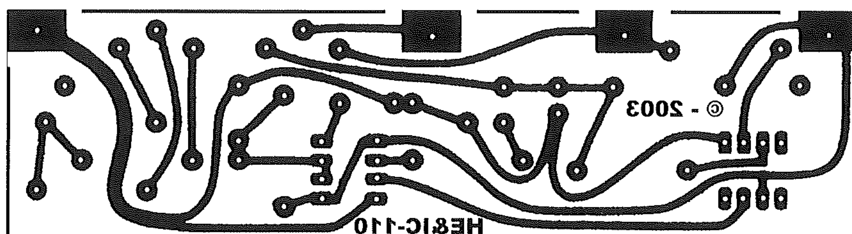
In de beide gaatjes die voorzien waren voor de opvang van dit onderdeel, worden loodrecht op de print staande stevige draadjes gesoldeerd. Deze moeten ongeveer 2 cm lang zijn en aan de koperkant van de print als antennetjes uitsteken. De twee printen kunnen nu worden samengebouwd, waarbij de basisprint boven op de dot-naar-bar print komt. Bij deze montage vallen de twee net op de eerstgenoemde print gesoldeerde draden door de met 14 en 16 gecodeerde gaatjes van de tweede print.

Nadat beide printen mechanisch met elkaar zijn verbonden, komen de laatste elektrische verbindingen aan de orde. De twee draadjes worden op de print gesoldeerd. De "+Ub"-, "massa"- en "uit-in"-soldeerlipjes van beide printen worden met elkaar verbonden. Let wel! De "uit" van de tweede print gaat uiteraard naar de "in" van de basisprint! Een dubbelpolige omschakelaar, bijvoorbeeld type 7201 van C&K, wordt op de getekende manier verbonden met de print. Het geheel is nu bedrijfsklaar. Na het aanschakelen van de noodzakelijke 12 V voeding en de te meten ingangsspanning kan het systeem ingezet worden voor het meten van bijvoorbeeld de VU's van een versterker.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's



Figuur 4/14.71-10: De basisprint.



Figuur 4/14.71-18: De dot naar barprint.

HOE MAAKT U DEZE PRINTEN?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.71 Universeel dot/bar LED-display met 16 LED's

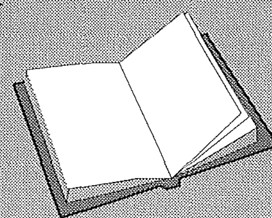
4/14.72

Reactietijd tester (2)

Inleiding
Met behulp van de in hoofdstuk 4/14.71 beschreven LED-schakeling kunt u een zeer eenvoudige reactietijd tester opbouwen. Met zo'n schakeling kunt u de menselijke reactietijd meten, een bezigheid die naast speelse toepassingen (wie is het snelst?) ook wel meer ernstige toepassingen kan hebben. Zo is algemeen bekend dat de reactietijd afneemt bij stijgende vermoeidheid of toenemend alcoholgebruik. In de handel zijn apparaatjes die in de auto ingebouwd moeten worden en die de motor slechts laten starten als de bestuurder/ster binnen een bepaalde tijd na het oplichten van een lampje op een drukknopje drukt. Nu is het natuurlijk onzin om te beweren dat het resultaat van zo'n test volledig uitsluitsel geeft over de rijvaardigheid van een individu. Wel kunt u dit soort testers gebruiken voor het maken van afspraken. "Als jij niet reageert binnen die bepaalde marge, dan is het duidelijk dat ik achter het stuur ga zitten". Er zijn digitale en analoge reactietijd testers te verzinnen. Het zal duidelijk zijn dat de eerstgenoemde vrij ingewikkeld zijn. Omdat de LED-indicator van hoofdstuk 4/14.71 een analoge meetschakeling is, ligt het voor de hand de tester ook analoog op te bouwen. Als we bovendien enige concessies doen, die niet de fundamentele werking van de schakeling aantasten maar eerder onder het begrip schoonheidsfoutjes te vangen zijn, kunnen we met een handvol onderdelen en een LED-print een zeer eenvoudige reactietijd tester opbouwen.

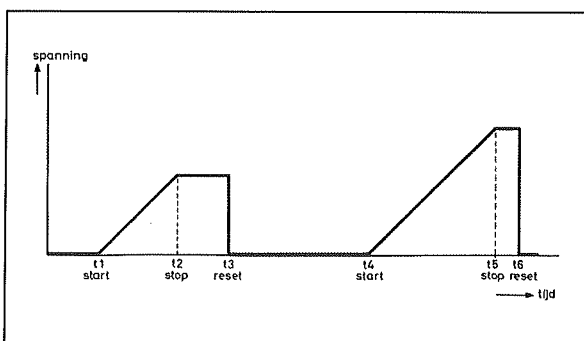
De werking van de schakeling
De LED-print is in wezen een gelijkspanningsmeter. Een van de zestien LED's zal oplichten als de spanning op de ingang van de schakeling varieert tussen 0 V en ongeveer 5 V. Als we aan de ingang van de schakeling een zeer langzaam stijgende spanning aanleggen, dan zullen alle LED's één na één oplichten. Onderbreken we deze langzame spanningsstijging op een bepaald moment, dan zal de constante ingangsspanning die dan op de ingang blijft staan de laatste oplichtende LED continu laten branden. Met deze

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/10.8
Hoofdstuk 4/14.40
Hoofdstuk 4/14.71



14.72 Reactietijd tester (2)

gegevens in het achterhoofd kunnen we het principe van een reactietijd meter met de LED-print doorgronden. Figuur 4/14.72-1 geeft een voorstelling van de gang van zaken. In deze grafiek is de ingangsspanning van de LED-meter in functie van de tijd getekend. Tot en met tijdstip t1 is de ingangsspanning gelijk aan nul. De onderste LED zal dus branden. Op het genoemde tijdstip, de start van een meetcyclus, zal de ingangsspanning langzaam gaan stijgen. Dat heeft tot gevolg dat de LED's één na één zullen oplichten. Het komt er nu op aan zo snel mogelijk op een stop-drukknop te drukken. Dat gebeurt op tijdstip t2. De reactietijd is dan gelijk aan t2-t1. Na t2 blijft de ingangsspanning constant, zodat één LED uit het rijtje continu blijft branden.



Figuur 4/14.72-1: De werking van de schakeling grafisch toegelicht.

De ijking van de schaal is afhankelijk van de spanningsstijging per seconde en van de gevoeligheid van de LED-print. Als de eerste grootheid bijvoorbeeld wordt ingesteld op 100 mV per 0,1 seconde en de tweede op 1,5 V voor volle schaal, dan zal de lichtspot de zestien LED's in 1,50 seconde doorlopen. Iedere LED staat dan voor een reactietijd van 0,1 seconde. Blijft, na het indrukken van de stop-toets de vijfde LED branden, dan was de reactietijd van het proefkonijn 0,4 seconde.

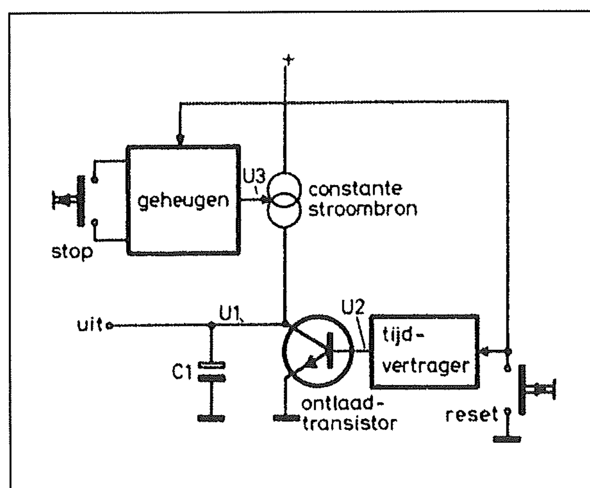
Vergeet immers niet dat de eerste LED brandt bij 0 V aan de ingang en dus niet meetelt bij het indelen van de schaal.
Op tijdstip t3 wordt de schakeling gereset door het indrukken van een tweede drukknop, de reset-toets. De ingangsspanning wordt dan onmiddellijk nul, zodat de eerste LED uit het rijtje weer gaat branden. Door het bedienen van deze schakelaar wordt de tweede meetcyclus gestart.
Na een bepaalde tijd, namelijk op moment t4, start de schakeling voor de tweede keer. De ingangsspanning gaat weer stijgen. LED 1 dooft, LED 2 gaat branden en de hersenen sturen een impuls naar de vinger, die natuurlijk al drukbereid op de toets van de stop-schakelaar rustte.
Helaas is de reactietijd van de tweede proefpersoon aanzienlijk slechter, zodat de spanning aan de ingang van de LED-print nu veel groter wordt. Het gevolg is dat de lichtstip een groter deel van de LED-kolom doorloopt en eerst bij een van de laatste LED's blijft stilstaan. Op moment t6 wordt gereset, zodat de derde meetcyclus ingaat.

Het blokschema

De grafiek van figuur 4/14.72-1 biedt voldoende informatie voor het opstellen van een elektronisch blokschema. De gedachtengang is als volgt. De te ontwerpen schakeling moet een lineair stijgende spanning opwekken. De ervaren elektronicus denkt dan dadelijk aan een condensator, die door middel van een constante stroombron wordt opgeladen. Stuurt men een constante stroom door een condensator, dan zal de spanning over dit onderdeel inderdaad lineair in de tijd toenemen. Dat wil zeggen dat de spanningstoename per tijdseenheid (mi-

14.72 Reactietijd tester (2)

croseconde, milliseconde of seconde) constant is. Zoals uit figuur 4/14.72-2 blijkt, vormt de constante stroombron, voorgesteld door twee in elkaar grijpende cirkeltjes en de laadcondensator C1 inderdaad het hart van de schakeling. Uit de grafieken van figuur 4/14.72-1 volgt bovendien, dat op een bepaald moment, namelijk na het indrukken van de stop-schakelaar, de spanning over de condensator niet verder mag stijgen. Dat wil zeggen dat we de constante stroombron moeten besturen. Op dat bepaalde moment moet de stroom ophouden te vloeien, zodat de spanning over de condensator niet verder toeneemt.

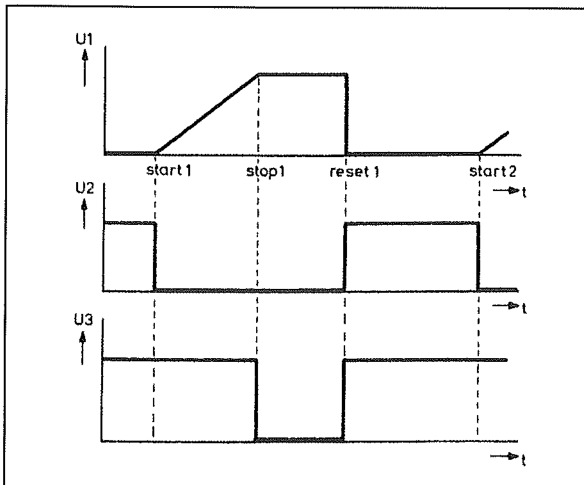


Figuur 4/14.72-2: Het blokschema is een recht-toe-recht-aan vertaling van de vorige figuur.

Het sturen van de stroombron gebeurt door het even indrukken van de stop-schakelaar. Hieruit volgt dat tussen drukknop en stroombron een geheugen moet worden opgenomen. Op het moment dat de drukknop wordt bediend, stuurt dit geheugen een signaal naar de stroombron, waardoor deze laatste weet dat er op verdere levering van stroom geen prijs wordt gesteld. Bij het resetten van de schakeling moet de spanning over de condensator opeens naar nul gaan. Vertaald naar een blokschema wil dat zeggen, dat we over de condensator een onderdeel moeten schakelen, waarmee we de condensator kunnen kortsluiten. Wat ligt meer voor de hand dan het inschakelen van een transistor, gestuurd uit de reset-schakelaar? De schakeling start met de tweede meetcyclus na een bepaalde tijd t4 - t3. De reset-schakelaar moet dus niet alleen de ontlaadtransistor sturen, maar ook een tijdvertragende schakeling, die het genoemde tijdinterval bepaalt. Bij het invullen van het blokschema kunnen we nu twee gedachten volgen. In de eerste plaats kan het geheugen na dat tijdinterval worden gereset, zodat de constante stroom na tijdstip t4 de condensator weer gaat opladen. In de tweede plaats kan men de tijdvertrager schakelen tussen de reset-drukknop en de ontlaadtransistor. Het geheugen wordt dan gereset bij het indrukken van de reset-toets. De constante stroom gaat dan op tijdstip t3 vloeien, maar daar de ontlaadtransistor nu blijft geleiden tussen t3 en t4 zal deze stroom dadelijk naar de massa afvloeien en de condensatorspanning blijft nul. Eerst na t4, als de tijdvertrager geen stroom in de basis van de transistor stuurt, vloeit er stroom door de condensator en gaat de spanning over dit onderdeel lineair stijgen.
Beide alternatieven zijn even goed, het feit dat bij dit ontwerp gekozen is voor de laatst genoemde oplossing heeft alleen te maken met de keuze van de geheugenschakeling. Waaruit duidelijk blijkt dat het bij het opstellen van een blokschema toch wel handig is de keuze van de praktische invulling van de verschillende blokken reeds in het achterhoofd te hebben!

14.72 Reactietijd tester (2)

Figuur 4/14.72-3 geeft voor de duidelijkheid een grafisch overzichtje van de werking van de schakeling. Voor de start van een meetcyclus is de uitgangsspanning van de tijdvertrager positief, waardoor de ontlaadtransistor in geleiding wordt gestuurd. Het geheugen levert eveneens een positieve spanning aan de stroombron. Deze levert stroom, maar die vloeit af naar massa via de geleidende transistor.

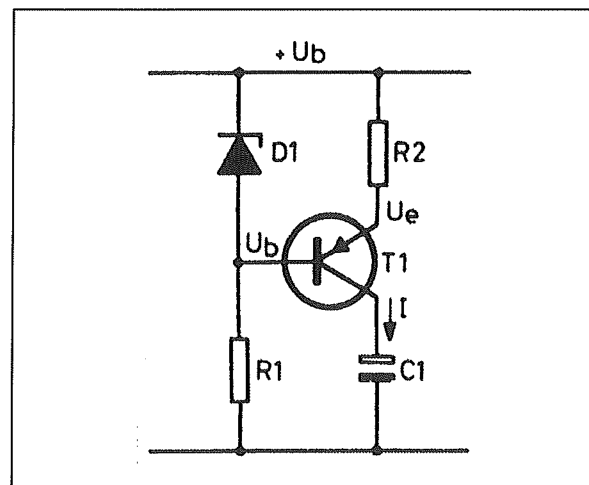


Figuur 4/14.72-3: De spanningen uit figuur 4/14.72-2, uitgezet in functie van de tijd.

De condensatorspanning U1 is gelijk aan nul. De meetcyclus start als de uitgangsspanning van de tijdvertrager nul wordt. De transistor spert, zodat de stroom de condensator lineair oplaadt. Het bedienen van de stop-knop heeft tot gevolg dat het geheugen omschakelt. U3 wordt nul, waardoor de constante stroom wegvalt en de condensatorspanning stabiel blijft. Men kan nu het resultaat van de meting aflezen op de LED's van de LED-meter. Door het drukken van de reset-toets worden zowel het geheugen als de tijdvertrager geactiveerd. De eerste schakeling stuurt de stroombron open, maar de positieve uitgangsspanning van de tijdvertrager stuurt de transistor in verzadiging. De condensator ontlaadt en de reeds vloeiende stroom wordt afgeleid naar de massa. Na een bepaalde tijd klapt de tijdvertrager om, zijn uitgangsspanning wordt nul en een nieuwe meetcyclus vangt aan.

De constante stroombron

De constante stroombron is traditioneel van opbouw. Het schema is getekend in figuur 4/14.72-4. De werking berust op het gegeven, dat de spanning tussen basis en emitter van een geleidende transistor zo goed als constant is. De basis wordt door middel van een zenerdiode ingesteld op een vaste spanning ten opzichte van de positieve voedingslijn. Daar het spanningsverschil Ub-Ue gelijk is aan ongeveer 0,7 V zal ook de emitterspanning constant zijn, namelijk gelijk aan de zenerspanning plus 0,7 V.



Figuur 4/14.72-4: Het praktisch schema van de constante stroombron.

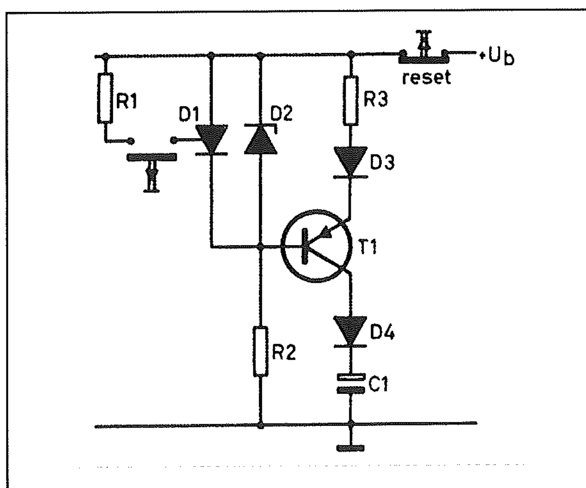
Over de weerstand R2 valt bijgevolg een constante spanning en uit de wet van Ohm volgt dat dit alleen waar kan zijn als ook de stroom door deze weerstand con-

14.72 Reactietijd tester (2)

stant is. De collectorstroom I zal zodoende voldoen aan de gestelde eis: hij is onafhankelijk van de collectorspanning of de belasting van de trap. De condensator C1 wordt opgeladen door een constante stroom en zal dit waarderen met het opbouwen van een lineair stijgende spanning over zijn platen.

Het geheugen

Bij het woord "geheugen" denkt u waarschijnlijk dadelijk aan een flip-flop schakeling. Het gebruik van zo'n op zich zeer eenvoudig geïntegreerd onderdeel zou echter de schakeling nodeloos gecompliceerd maken. Er bestaat immers een ander als geheugen te gebruiken onderdeel: de thyristor! Figuur 4/14.72-5 geeft het zeer eenvoudige basisschema van de stroombron met aangebouwd geheugen.



Figuur 4/14.72-5: De stroombron wordt uitgebreid met een geheugen.

Over de zenerdiode wordt een laagvermogen thyristor geschakeld. De gate van dit onderdeel is via een weerstand verbonden met de positieve voedingsspanning. De werking is als volgt. Bij het aanschakelen van de voedingsspanning zal de thyristor sperren, zodat de stroombron normaal functioneert. Er vloeit een constante stroom door de condensator C1. Bij het indrukken van de stop-knop zal er stroom in de gate vloeien, waardoor de thyristor in geleiding komt. De zenerdiode D2 is overbrugd en de instelling van de basis valt weg. Transistor T1 gaat sperren, de stroom valt weg. De twee dioden D3 en D4 zorgen ervoor dat de beschreven situatie ook werkelijk ontstaat. Over een geleidende thyristor blijft een bepaalde restspanning staan. De basis van T1 wordt bijgevolg niet helemaal met het voedingspotentiaal verbonden, hij zal ongeveer 0,5 V negatiever zijn dan de voeding. Om nu te verhinderen dat door deze kleine spanning op de basis er toch een kleine stroom door de transistor blijft vloeien, is de diode D3 ingehuurd. Zou er stroom door de transistor willen vloeien, dan ontstaat over deze diode een spanning van ongeveer 0,7 V, zodat de emitter op een lager potentiaal komt dan de basis. Van geleiden kan dan geen sprake zijn. De tweede diode in de kring, namelijk D4, zorgt ervoor dat de spanning over C1 na het uitschakelen van de stroombron niet kan afvloeien.

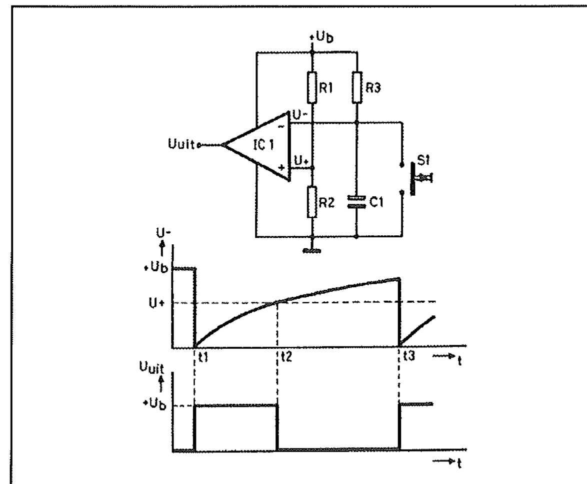
De geheugenschakeling vergt dus slechts vier extra onderdelen. Uiteraard blijft de vraag hoe we de eenmaal geleidende thyristor weer kunnen laten sperren. Dat kan, zoals men weet, alleen door de stroom door het onderdeel tijdelijk nul te maken. In het schema is deze mogelijkheid geschapen door de reset-drukknop in de voedingslijn op te nemen. Deze schakelaar is normaal gesloten. Bij het indrukken wordt de voedingslijn onderbroken, zodat de schakeling stroomloos wordt en de thyristor gaat sperren. Natuurlijk is dat een alles behalve elegante oplossing. Een nor-

14.72 Reactietijd tester (2)

maal gesloten drukschakelaar is moeilijk te verkrijgen en zoals het blokschema leert moeten we met deze schakelaar ook nog eens de tijdvertrager activeren. Bij de bespreking van het totale schema zal blijken dat we beide functies toch kunnen realiseren met een normaal open schakelaar.

De tijdvertrager

De tijdvertrager moet het even indrukken van een schakelaar omzetten in een langer durende actie. De eenvoudigste schakeling is getekend in figuur 4/14.72-6 en bestaat uit een operationele versterker, geschakeld als comparator. De positieve ingang van de op-amp is verbonden met een vaste spanning, waarvan de grootte bepaald wordt door de spanningsdeler R1-R2. De negatieve ingang gaat naar een RC-netwerkje, waarvan de condensator overbrugd is met een drukschakelaar. In rust (de drukknop wordt niet bediend) is de condensator opgeladen tot de voedingsspanning. De negatieve ingang is bijgevolg positiever dan de positieve ingang, de uitgang van de schakeling is gelijk aan nul. Op tijdstip t1 wordt de drukknop S1 even gestreeld. De condensator wordt kortgesloten, zijn spanning valt onmiddellijk terug naar nul. De inverterende ingang is dan negatiever dan de niet-inverterende ingang, de uitgang van de op-amp zoekt het voedingspotentiaal op. Na het loslaten van S1 zal de condensator zich gaan opladen. Na enige tijd, afhankelijk van de waarde van R3 en C1, zal de condensator zich opgeladen hebben tot de spanning op het knooppunt van R1 en R2. De spanningen op de beide ingangen van de comparator worden gelijk, de schakeling klapt om. De uitgang wordt gelijk aan nul.



Figuur 4/14.72-6: De praktische schakeling van de tijdvertrager.

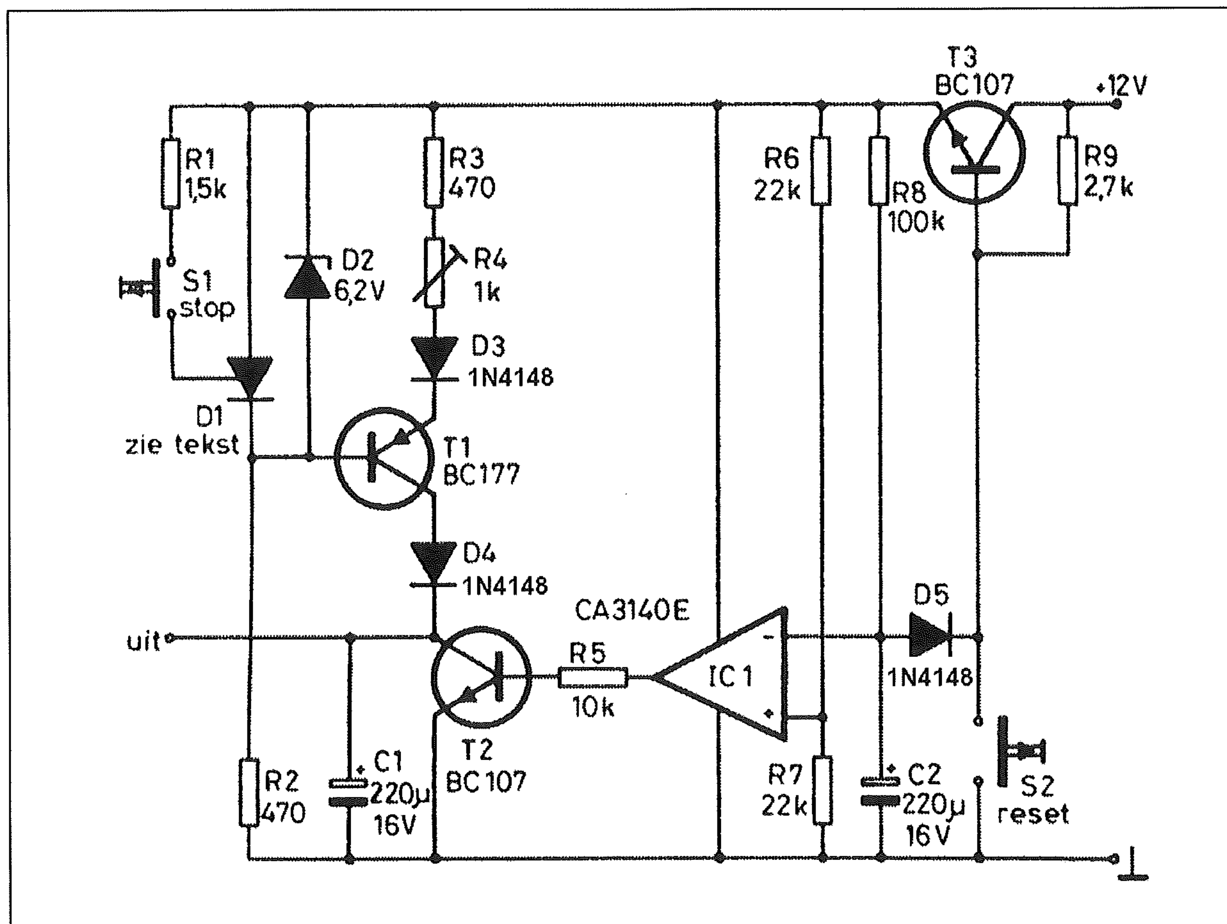
Conclusie: het even indrukken van S1 heeft tot gevolg dat de uitgang van de op-amp gedurende een bepaalde tijd positief wordt.

Het volledig schema

Figuur 4/14.72-7 geeft het volledige praktisch schema van de reactietijd tester. Het enige tot nu toe nog niet opgeloste probleem is het combineren van de twee functies van de reset-schakelaar: het gelijktijdig inschakelen van de stroombron en de tijdvertrager.

De ene functie vereist het naar aarde kortsluiten van een condensator, de andere het onderbreken van de voedingsspanning van de schakeling. Door het toevoegen van één transistor en één weerstand volgt het ene logisch uit het andere. Transistor T3 is normaliter verzadigd. De basis is immers door middel van een kleine weerstand verbonden met de collector. Op de emitter staat de voedingsspanning, minus de 0,7 V basis/emitter-spanning. Zowel de basis van deze transistor als de condensator van de tijdvertrager zijn via de reset-knop verbonden met de massa.

14.72 Reactietijd tester (2)



Figuur 4/14.72-7: Het volledig schema van de reactietijd tester.

Bedient men deze schakelaar, dan zal de condensator via de diode D5 ontladen worden en de transistor T3 sperren. De voedingsspanning valt weg, de thyristor van het geheugen wordt stroomloos en gaat sperren. Twee vliegen in één klap!
De stroom die door de stroombron wordt geleverd, is instelbaar door middel van de instelpotentiometer R4. Met dit onderdeel kan de schaal van de LED-meter geijkt worden in bijvoorbeeld 100 ms per LED. De ingang van de LED-print wordt rechtstreeks verbonden met de condensator. Dat heeft één nadeel: de spanning over de condensator vloeit langzaam weg via de ingangsweerstand van de LED-print. Hetgeen wil zeggen dat de aflezing van de reactietijd vrij snel na het indrukken van de stop-toets moet gebeuren. Door deze ongewenste ontlaadstroom gaat de uitlezing immers zeer langzaam uit zichzelf terug naar nul. Door het toepassen van een vrij grote condensator (220 µF) en een forse constante stroom wordt dit effect echter geminimaliseerd.

De bouw van de schakeling

Op de laatste pagina van dit hoofdstuk treft u het printontwerpje aan als figuur 4/14.72-8. De bestukking volgt uit figuur 4/14.72-9. Deze tekening spreekt voor zichzelf. Alleen een opmerking over de gebruikte thyristor.

14.72 Reactietijd tester (2)

ONDERDELENLIJST

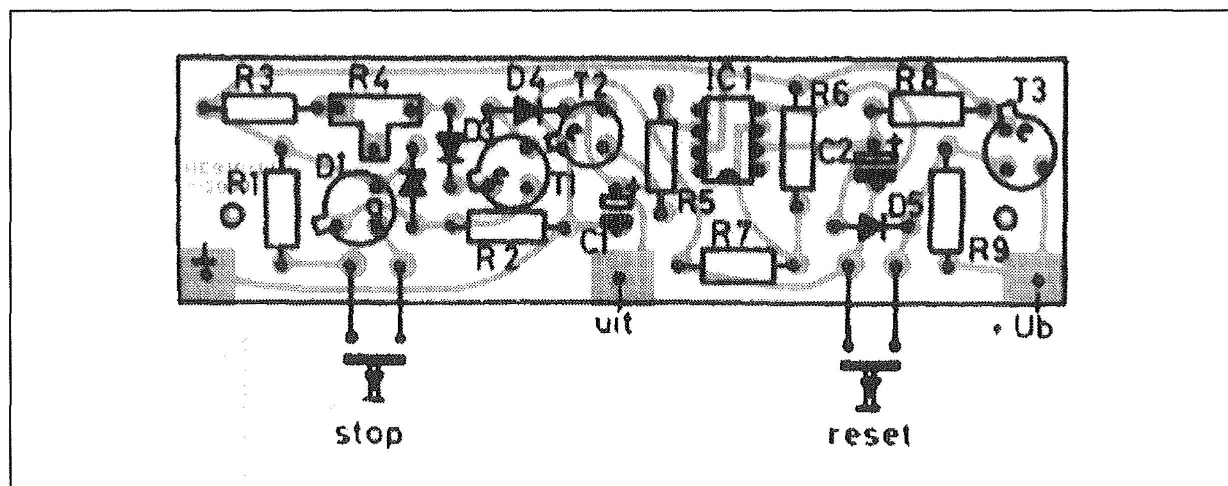
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	1,5 kΩ
R2,R3	470 Ω
R5	10 kΩ
R6,R7	22 kΩ
R8	100 kΩ
R9	2,7 kΩ
INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 5 mm	
R4	1 kΩ
CONDENSATOREN	
C1,C2	220 µF 16 V printelco
HALFGELEIDERS	
D1	zie tekst
D2	6,2 V, 400 mW zener
D3,D4,D5	1N4148
T1	BC177
T2,T3	BC107
IC1	CA3140, mini-DIL
DIVERSEN	
1	IC-voetje, 8 pennen
2	drukschakelaar, maak
3	printsoldeerlipje

Iedere laagvermogen thyristor komt in aanmerking. Bekende typen zijn: 2N5060 tot en met 2N5062 van Motorola of TIC44 tot en met TIC47 van Texas Instruments. Ook thyristoren in TO-5 behuizing komen in aanmerking, de print is voor deze laatste soort ontworpen. Na het bestukken van deze print en een basisprint van hoofdstuk 4/14.71 kunnen beide schakelingen op de bekende sandwich-manier worden samengebouwd. De drie aansluitcontacten van beide printen worden door middel van draadjes verbonden en klaar is kees. De voedingsspanning voor de schakeling bedraagt +12 V.

Het afregelen van de beide printen

De instelpotentiometer R1 op de LED-print, waarmee de onderste drempel van het meetbereik wordt ingesteld, wordt volledig dichtgedraaid (0 V). Nadien schakelt u de voedingsspanning in. De LED D16 gaat branden. Na ongeveer 20 seconden start de meetcyclus. U drukt nu echter niet op de stop-schakelaar, maar laat de condensator volledig opladen. De maximale laadspanning wordt bepaald door de onderdelen rond de constante stroombron en bedraagt ongeveer 5 V. U verdraait de instelpotentiometer R2 op de LED-print, tot LED D1 gaat oplichten.

14.72 Reactietijd tester (2)



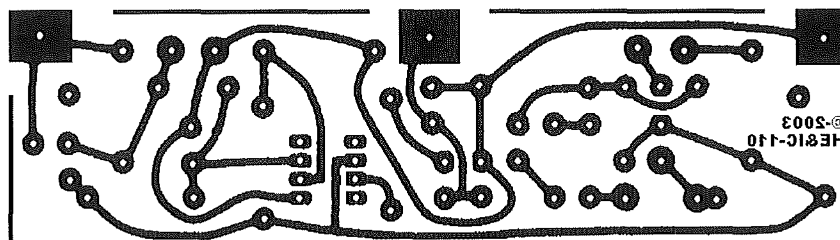
Figuur 4/14.72-9: De componentenopstelling van de print.

Door middel van de instelpotentiometer R4 op de reactietijd print kunt u een poging wagen de schaal te ijken in bijvoorbeeld 50 milliseconde per LED. Alleen als men de beschikking heeft over een electronische chronometer met extern te besturen start- en stopfuncties zal dat écht lukken!

In alle andere gevallen moet men de instelpotentiometer ver- draaien tot de volledige schaal wordt doorlopen in ongeveer 15 x 50 ms = 750 ms.

14.72 Reactietijd tester (2)

14.72 Reactietijd tester (2)



Figuur 4/14.72-8: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.72 Reactietijd tester (2)

4/14.73

Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

Het systeem

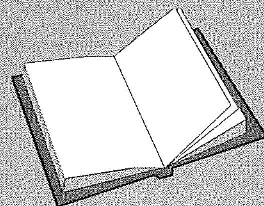
Inleiding

"Domotica", oftewel huis- en kantoorautomatisering is een hot item. Steeds meer IC-fabrikanten brengen speciale IC's op de markt, waarmee u draadloos digitale codes tussen een zender en ontvanger kunt uitwisselen. De meeste IC's worden echter alleen aan grootverbruikers, zoals apparaatfabrikanten, geleverd en zijn voor de hobbyist nauwelijks toegankelijk. Dat gegeven zette de ontwerpafdeling aan het denken. Is het mogelijk met eenvoudige schakelingen en begrijpelijke technieken een goed werkend domotica-systeem te ontwerpen? Het antwoord op deze vraag treft u aan in dit hoofdstuk.
In tegenstelling tot alle overige hoofdstukken in deel 4 is dit géén kant-en-klaar ontwerp. Van de zender zult u geen printontwerp aantreffen. Dat heeft te maken met het feit dat dit ontwerp "open" is, om maar eens een modekreet te gebruiken. U kunt de schakeling van de zender aan uw eigen wensen aanpassen. U kunt bijvoorbeeld het aantal kanalen tot tien uitbreiden. Ook met de ontvanger kunt u dit doen, maar hier hebben wij de meest voor de hand liggende toepassing tóch omgezet in een bouwproject mét print.

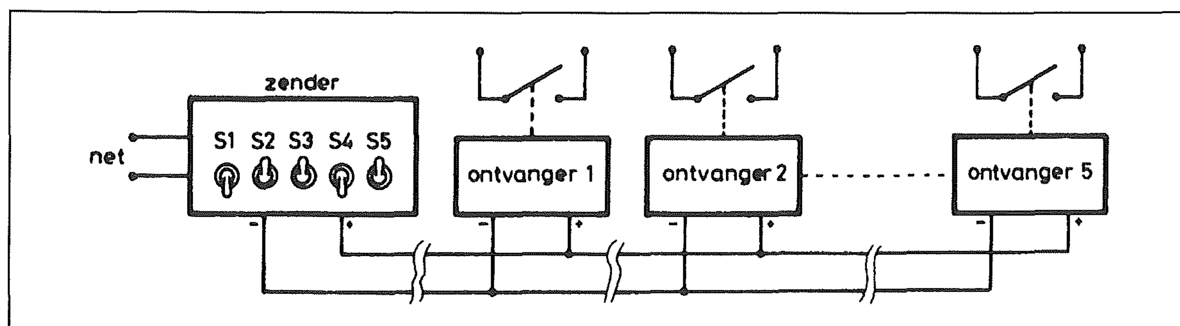
Het principe

Het beschreven systeem is een zeer eenvoudig afstandsbesturingssysteem, waarmee u verschillende op grote afstand van elkaar opgestelde apparaten in en uit kunt schakelen. Het systeem werkt door middel van één samengesteld stuursignaal. Dit stuursignaal wordt opgewekt in een "zender", voorzien van een aantal schakelaars of gekoppeld aan bijvoorbeeld een meerkanaals tijdklok. Het signaal kan over een gewone twee-aderige kabel worden verstuurd naar de "ontvangers", opgesteld in de buurt van de te schakelen apparaten.
In feite komt het er op neer dat u een woning van onder tot boven met een gewoon tweelingsnoer kunt bedraden en de zender op de meest voor de hand liggende plaats met de kabel kunt verbinden.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.10.11
Hoofdstuk 4/14.29
Hoofdstuk 4/14.39



14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel



Figuur 4/14.73-1: Het principe van het systeem.

Nadien kunt u op iedere gewenste locatie een ontvanger op de kabel aansluiten.

Voordelen van het systeem

Het beschreven systeem heeft vele voordelen:

- De werking is in wezen analoog, zodat er geen gevaar bestaat voor het reageren op stoorpulsen.
- Het systeem is vrij eenvoudig uit te breiden tot meerdere kanalen. De schakeling is opgebouwd voor vijf kanalen, maar door twee IC'tjes te vervangen en enige onderdelen toe te voegen kan men acht kanalen schakelen. Met enige moeite kunt u zelfs 16 kanalen bedienen.
- De ontvangers hebben geen eigen voeding nodig, de voedingsspanning wordt over de twee-aderige kabel getransporteerd.
- Het schakelelement in de ontvangers is een relais, zodat u zowel gelijk- als wisselspanningsgevoede apparaten kunt schakelen.
- De zender is universeel: niet alleen kunt u door middel van drukknoppen of aan/uit-schakelaars de verschillende kanalen bedienen, maar net zo goed kunt u het systeem koppelen aan bijvoorbeeld de uitgangen van een elektronische timer.
- De noodzakelijke schakelingen zijn ongecompliceerd: de ontvanger heeft slechts twee op-ampjes en vijf transistoren nodig, de zender is opgebouwd rond vier IC's, zes transistoren en een op-ampje.

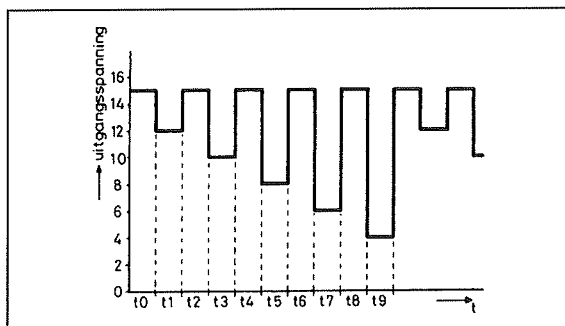
Het principe van het systeem

De praktische uitvoering van het systeem is getekend in figuur 4/14.73-1. De zender, hier uitgerust met vijf aan/uit-schakelaars S1 tot en met S5, wordt verbonden met het net, wekt de nodige uitgangsspanning op en verstuurt deze via een twee-aderige lijn naar de ontvangers. Zoals reeds gezegd is de lengte van de lijn in principe onbegrensd. Eventuele beïnvloeding van het signaal door de capaciteit van de lijn wordt in de ontvangers automatisch gecompenseerd.

Wel belangrijk is het feit dat het signaal gepoold is: de positieve uitgang van de zender moet worden verbonden met de positieve ingang van de ontvangers. De twee aders van de lijn moeten dus duidelijk herkenbaar zijn. Ook van belang is de weerstand van de lijn. Als alle ontvangers zijn ingeschakeld, trekt het systeem meer dan 0,5 A, feit dat wordt veroorzaakt door de in de ontvangers gebruikte relais. Omdat, zoals dadelijk zal blijken, de ontvangers reageren op gedefinieerde signaalniveaus is het belangrijk

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

dat de spanningsval over de lijn, ook bij deze relatief grote stroomsterkte, beperkt blijft tot enige honderden mV. Een aderdoorsnede van minimaal 0,75 mm is dus wel gewenst!
Figuur 4/14.73-2 onthult de principiële werking van het systeem.
Het verloop van de spanning op de uitgang van de zender in functie van de tijd kan worden opgesplitst in 10 tijdseenheden, t0 tot en met t9. Gedurende t0, t2, t4, t6 en t8 is de uitgangsspanning van de zender gelijk aan 15 V. Deze constante spanning wordt gebruikt voor het opwekken van de voedingsspanning voor de ontvangers, door middel van een eenvoudige gelijkrichterschakeling in de ontvangers.



Figuur 4/14.73-2: De samenstelling van het zendsignaal.

Op tijdstip t1 kan de uitgangsspanning van de zender gelijk zijn aan twee niveaus. Ofwel gelijk aan 15 V, ofwel gelijk aan 12 V. In het eerste geval zal de ontvanger die correspondeert met het kanaal "12 V" niet zijn ingeschakeld. In het tweede geval uiteraard wel. Voor de tijdstippen t3, t5, t7 en t9 geldt hetzelfde. De uitgangsspanning kan dan gelijk zijn aan 15 V, de ontvangers worden niet geschakeld, of aan respectievelijk 10 V, 8 V, 6 V en 4 V, waarop de ontvangers reageren door het omschakelen van hun relais.

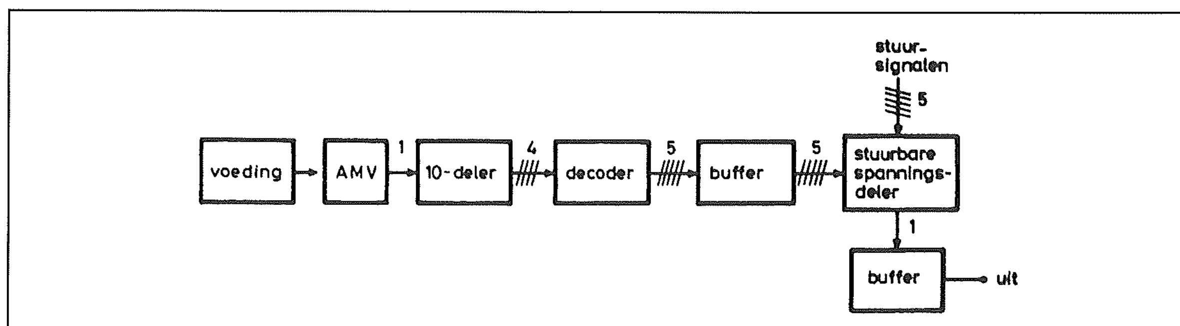
Deze cyclus herhaalt zich ongeveer 250 keer per seconde.
Als alle ontvangers zijn uitgeschakeld, dan zal de uitgangsspanning van de zender steeds gelijk zijn aan 15 V. Wil men de eerste ontvanger inschakelen, dan schakelt men S1 om, waardoor er 250 keer per seconde een spanningsdaling van 15 V naar 12 V op de lijn ontstaat, met een breedte van 400 µs. De genoemde ontvanger detecteert deze puls en schakelt zijn relais om. De overige ontvangers reageren niet op deze puls, omdat hun schakelniveaus zijn ingesteld op respectievelijk 10 V, 8 V, 6 V en 4 V.
Het zal nu ook wel duidelijk zijn, dat het systeem vrij eenvoudig is uit te breiden tot meerdere kanalen. Het enige dat moet gebeuren is het uitbreiden van de zenderschakeling. Wilt u bijvoorbeeld een afstandsbesturing met tien kanalen opbouwen, dan moet de uitgangscyclus van de zender uit 20 eenheden bestaan. Gedurende 10 eenheden is de uitgangsspanning van de zender gelijk aan 15 V, daartussen kan de uitgangsspanning omschakelen tussen deze spanning en een schakelniveau, aflopend van 12 V tot 3 V in stappen van 1 V.
Het spanningsverschil van 1 V tussen de verschillende schakelniveaus is dan nog groot genoeg om een goede werking van het geheel, zonder onderlinge beïnvloeding van de ontvangers, te garanderen.

De zender

Het blokschema van de zender

Het blokschema van de zender, opgebouwd voor een systeem met vijf kanalen, is getekend in figuur 4/14.73-3.
Een astabiele multivibrator wekt een blokspanning op met een frequentie van ongeveer 2,5 kHz.

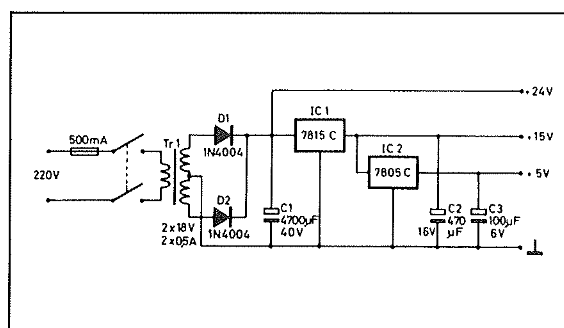
14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel



Figuur 4/14.73-3: Het blokschema van de zender.

De uitgangspulsen van deze schakeling worden aangeboden aan een tienteller. De vier uitgangen van de teller, BCD-gecodeerd, sturen de gelijknamige ingangen van een BCD-naar-decimaal decoder. Op de tien uitgangen van dit blok ontstaan dus tien pulsen, onderling netjes in tijd verschoven. Vijf van deze uitgangen worden uitverkoren om de ingangen van een buffer te bevredigen. De uitgangssignalen van deze schakeling sturen een stuurbare spanningsdeler. De uitgang van deze schakeling wordt door middel van een, ditmaal analoge, buffer rijp gemaakt voor confrontatie met de buitenwereld.
Tot slot zijn er nog vijf stuursignalen, afkomstig van schakelaars of van externe schakelingen, die de stuurbare spanningsdeler al of niet tot actie aanzetten. De verschillende onderdelen van dit blokschema worden in de volgende paragrafen in detail besproken.

De voeding voor de zender
De voeding voor de zender is getekend in figuur 4/14.73-4 en is klassiek van opbouw. Door middel van een trafo met middenaftakking (2 x 18 V - 2 x 0,5 A), twee dioden 1N4004 en een afvlakelco van 4.700 µF wordt een gelijkspanning van ongeveer 24 V opgewekt. Door middel van twee geïntegreerde spanningsstabilisatoren (IC1 en IC2) worden stabiele gelijkspanningen van 15 V en 5 V geschapen. Denk er, bij eventuele nabouw, aan dat deze IC's moeten worden gekoeld!



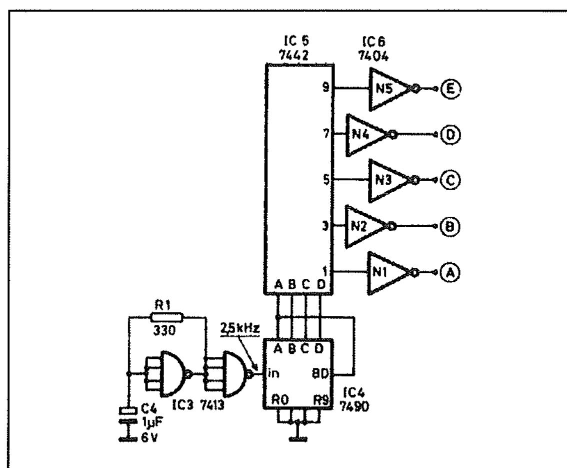
Figuur 4/14.73-4: Het schema van de voeding van het systeem.

Door het in serie schakelen van de stabilisatoren krijgen beide IC's ongeveer dezelfde hoeveelheid vermogen te verwerken, zodat twee U-vormige koelers van het type SK13 de hoofden fris en de prestaties optimaal houden.

Het digitale deel van de zender
De digitale elektronica van de zenderschakeling is opgebouwd uit vier populaire IC's, die u vást in voorraad heeft. Het schakelschema van figuur 4/14.73-5 spreekt in feite voor zichzelf. Door middel van een weerstand van 330 Ω en een elcootje van 1 µF wordt een poort uit de

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

SN7413 aangespoord een blokspanning met een frequentie van 2,5 kHz te genereren.

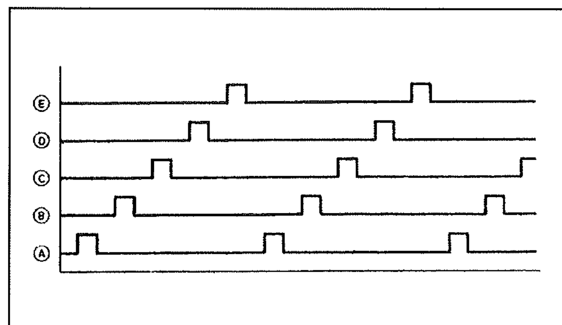


Figuur 4/14.73-5: Het digitale deel van de zenderschakeling.

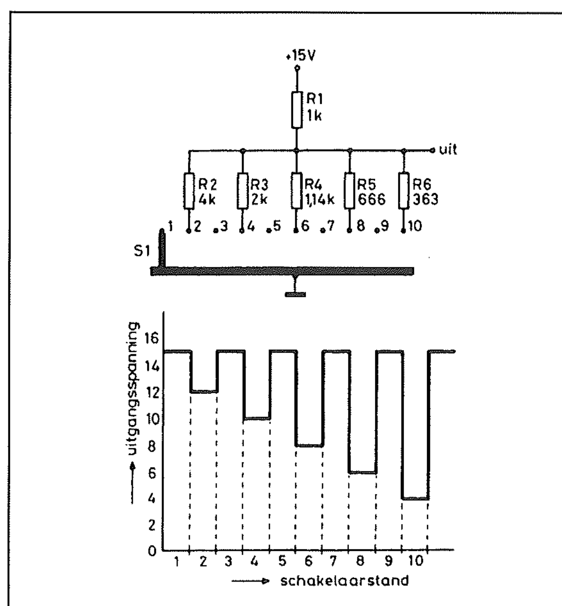
Hoewel niet noodzakelijk, is zijn broertje solidair in de strijd en biedt de kersverse pulsen geïnverteerd aan aan de telingang van een SN7490 tiendeler. De vier resetingangen zijn "L", zodat de teller ongestoord rondjes blijft draaien. IC5, een SN7442 decoder, vertaalt de "L"- en "H"-gedachtenkronkels van de teller naar tien uitgangen, die om beurt een duik naar massa wagen. De rest van de schakeling is echter meer geïnteresseerd in pulsen die opbloeien uit de grauwe massa, vandaar dat inverter IC6 ter hulp snelt. Op de vijf uitgangen van dit deel van de schakeling, A tot en met E genoemd, verschijnen dus vijf pulsen volgens het tijddiagram van figuur 4/14.73-6. Deze pulsen sturen de in de volgende paragraaf te behandelen stuurbare spanningsdeler.

De stuurbare spanningsdeler

Het principe van deze schakeling is gegeven in figuur 4/14.73-7. Een weerstand R1 van 1 kΩ is verbonden met de voedingsspanning van 15 V. Aan de andere kant liggen vijf weerstanden, oplopend in waarde van 363 Ω tot 4 kΩ. Deze weerstanden kunnen door middel van schakelaar S1 met de massa worden verbonden. Als we de schakelaar achtereenvolgend alle tien standen laten doorlopen gebeurt het volgende.



Figuur 4/14.73-6: De onderlinge tijdrelatie tussen de uitgangspulsen van de schakeling van figuur 4/14.73-5.

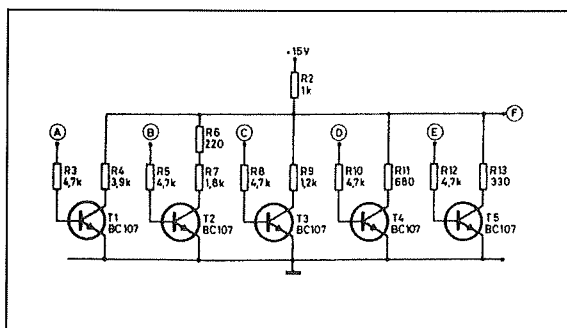


Figuur 4/14.73-7: Het principe van de bestuurbare spanningsdeler.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

- Stand 1:
  Weerstand R1 hangt in de lucht, zodat de volledige 15 V op de uitgang terecht komt.
- Stand 2:
  Er wordt een spanningsdeler gevormd tussen de voedingsspanning van 15 V en de massa, opgebouwd uit R1 en R2. Men kan berekenen dat de uitgangsspanning gelijk wordt aan 12 V.
- Stand 3:
  Schakeling niet actief, uitgang gelijk aan 15 V.
- Stand 4:
  Spanningsdeler R1-R3 wordt ingeschakeld, zodat de uitgangsspanning gelijk wordt aan 10 V.

Het zal duidelijk zijn, dat de uitgangsspanning voldoet aan het beeld van figuur 4/14.73-2. Als we de schakelaar vervangen door enige transistoren, die worden gestuurd uit de vijf uitgangssignalen van figuur 4/14.73-5, ontstaat het geheel van figuur 4/14.73-8 waarbij de berekende weerstandswaarden voor de spanningsdeler zijn vervangen door standaard E12-waarden.

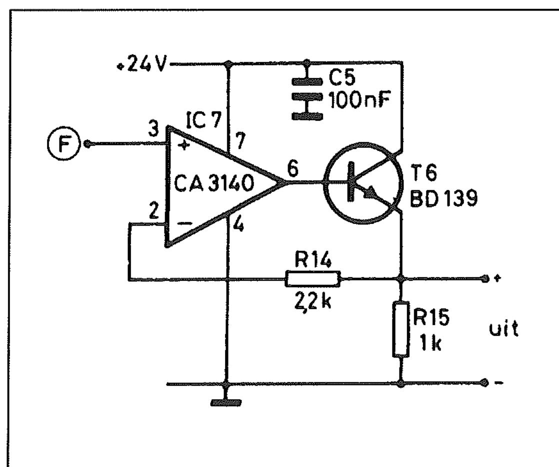


Figuur 4/14.73-8: De stuurbare spanningsdeler in de praktijk.

Op uitgang F ontstaat de in figuur 4/14.73-2 geschetste spanning.
Het zal duidelijk zijn dat, lieten we de schakeling zoals ze is, steeds alle ontvangers zouden zijn ingeschakeld. Dat is natuurlijk niet de bedoeling. In een van de volgende paragrafen worden enige methoden aangegeven voor het in- en uitschakelen van de kanalen.

De uitgangsbuffer

De spanningsdeler van figuur 4/14.73-8 kan niet worden belast, omdat de juiste deelverhouding van de vijf weerstanden dan verloren gaat. De schakeling moet dus worden afgesloten met een hoge impedantie buffer. Bovendien moet deze schakeling een behoorlijke stroom kunnen leveren, omdat iedere ingeschakelde ontvanger ongeveer 120 mA verbruikt. De totale capaciteit van de uitgangsbuffer moet dus 600 mA bedragen. Figuur 4/14.73-9 geeft het schema.



Figuur 4/14.73-9: Het schema van de analoge uitgangsbuffer.

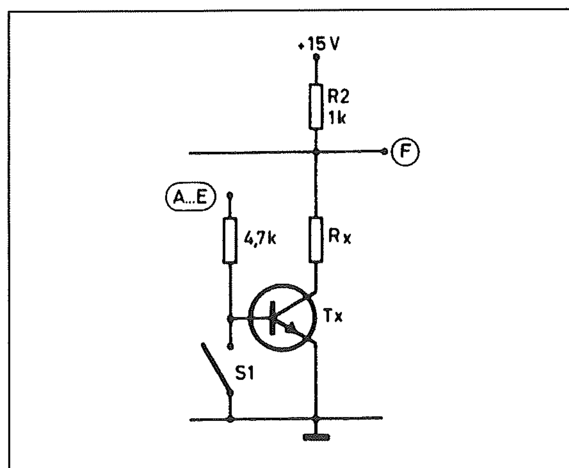
Een operationele versterker van het type 3140 zorgt voor de hoge ingangsimpedantie. De uitgang van het IC stuurt de basis van een BD139, zodat ook aan de eis van vermogenslevering is voldaan. Een rechtstreekse terugkoppeling van uitgang naar inverterende ingang van de op-amp completeert het geheel.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

De gebruikte op-amp is snel genoeg voor het onvertraagd doorgeven van de snelle spanningssprongen in het te verwerken signaal. Gebruik hier dus geen 741, want deze redt het niet!
Bovendien heeft de 3140 het voordeel boven een 741, dat de uitgangsspanning tot bijna tegen de massa kan zakken. Dit heeft tot gevolg dat de schakeling ook zonder symmetrische voeding goed werkt.
De condensator C5 bleek noodzakelijk voor het onderdrukken van oscilleerneigingen.
Het zal duidelijk zijn dat de transistor moet worden gekoeld!

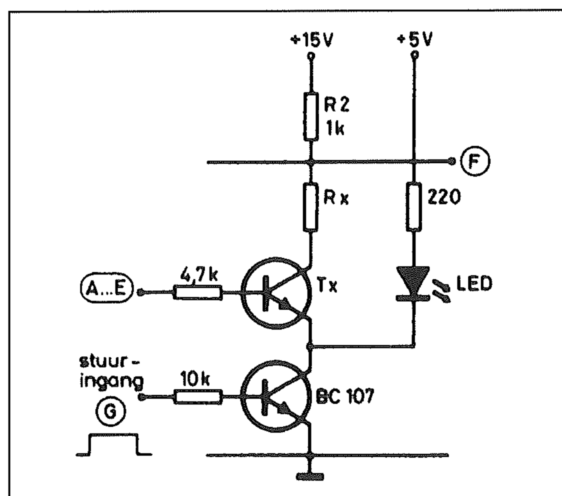
Het besturen van de zender

De figuren 4/14.73-10 tot en met -12 geven enige mogelijkheden voor het sturen van de zender.
Figuur 4/14.73-10 behandelt de eenvoudigste: sturing door middel van een enkelpolige aan/uit-schakelaar. De weerstand Rx en de transistor Tx staan voor een van de vijf verzwakkerkringen van het schema van figuur 4/14.73-8.



Figuur 4/14.73-10: Bediening van het systeem door middel van tuimelschakelaars.

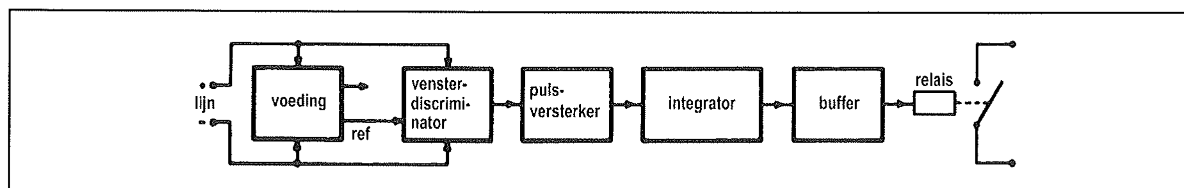
Als S1 open is, kunnen de pulsen van de digitale schakeling de transistor op het juiste moment in geleiding sturen, zodat de stuurpuls voor dat kanaal wordt opgewekt. Sluit men de schakelaar, dan wordt de transistor op non-actief gezet en blijven de stuurpulsen uit.
Figuur 4/14.73-11 geeft een voorbeeld voor externe sturing, door middel van een positieve gelijkspanning. De emitter van Tx is losgekoppeld van de massa en een transistor BC107 is tussengeschakeld. Als het externe stuursignaal (G) afwezig is, dan geleidt deze extra transistor niet, zodat ook Tx spert. De verzwakkertrap is uitgeschakeld. Wordt het stuursignaal positief, dan gaat de onderste transistor geleiden. De LED licht op, als teken dat het kanaal is geactiveerd en Tx zal geleiden als zijn stuurpuls (een van de uitgangen A tot en met E van de digitale schakeling) aanwezig is. De verzwakkertrap is actief, de stuurpuls voor het kanaal wordt gegenereerd.



Figuur 4/14.73-11: Het schema voor de externe besturing.

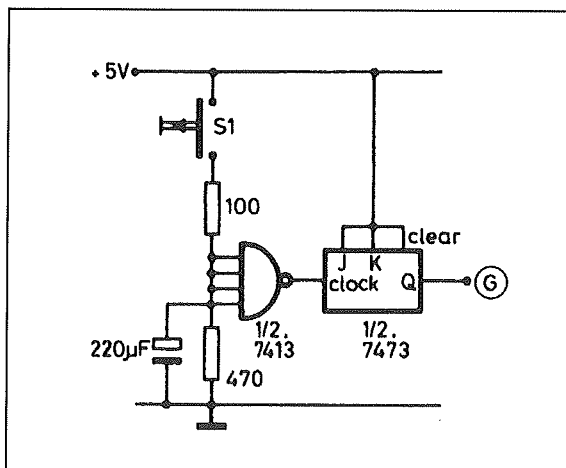
Figuur 4/14.73-12 geeft de uitbreiding voor drukknopbediening.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel



Figuur 4/14.73-13: Het blokschema van een ontvanger.

Deze schakeling wordt verbonden met de stuuringang van figuur 4/14.73-11. De schakeling rond de 7413-poort is een wat ongebruikelijke, maar zeer goed functionerende contactdender onderdrukker. Als de drukknop S1 wordt ingedrukt, wordt de elco van 220 µF snel opgeladen. Snelle denderpulsen krijgen geen kans, vanwege de logheid van de elco. Laat men de drukknop los, dan ontlaadt de elco zich via de weerstand van 470 Ω. Deze weerstand zorgt er bovendien voor dat de ingangen van de poort bij open schakelaar "L" blijven.



Figuur 4/14.73-12: Besturing door middel van drukknoppen.

De uitgang van de Schmitt-trigger stuurt, op de gebruikelijke manier, een flip-flop van het type 7473. De clock reageert op sprongen van "H" naar "L", zodat de schakeling wordt geactiveerd bij het indrukken van de schakelaar.

De ontvanger

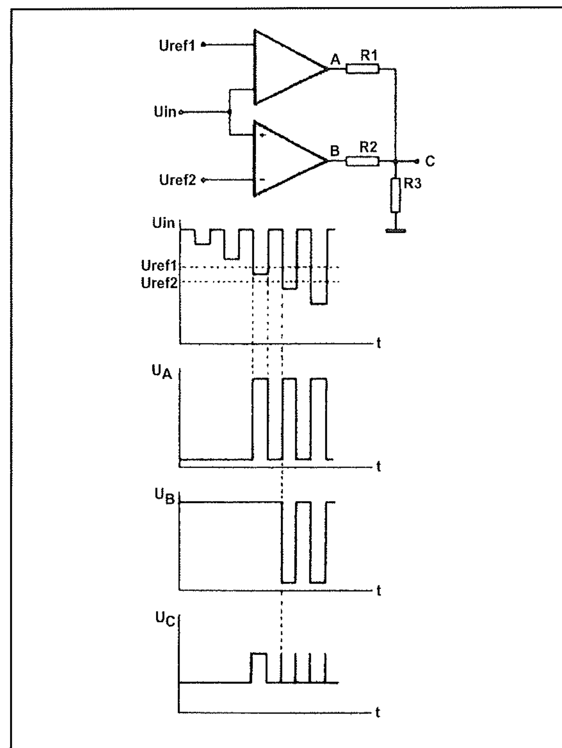
Het blokschema van een ontvanger

De blokschematische opbouw van een ontvanger is getekend in figuur 4/14.73-13. De voeding leidt uit het lijnsignaal niet alleen de voedingsspanning voor de rest van de schakeling af, maar tevens een referentiespanning, die wordt gebruikt in de vensterdiscriminator. Deze schakeling registreert het al of niet aanwezig zijn van het inschakelniveau voor de ontvanger in het lijnsignaal. Is dat het geval, dan wekt de discriminator een pulsje op. Na versterking in een pulsversterker en integratie in een storingsongevoelige integrator wordt de gelijkspanning, die uit deze signaalbewerkingen ontstaat, gebruikt voor het sturen van het relais, via een buffer.
De noodzaak van deze speciale integrator is misschien niet dadelijk duidelijk. Het lijnsignaal is opgebouwd uit een aantal spanningssprongen. De stijg- en daaltijden van de constante 15 V naar de schakelniveaus zijn tot nu toe verwaarloosd. In de praktijk zullen deze uiteraard merkbaar aanwezig zijn. Bovendien kunnen deze overgangstijden nadelig worden beïnvloed door de capacitieve belasting van de lijn. Zoals gezegd, reageert de vensterdiscriminator op het aanwezig zijn van een inschakelniveau. Deze puls heeft een breedte van 400 µs. Als de lijnspanning echter daalt van 15 V naar bijvoorbeeld het onderste schakelniveau (4 V), dan zal het signaal natuur-

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

lijk ook alle hogere niveaus doorlopen. Als de daaltijd van het signaal zeer klein is, dan is er geen probleem. De vensterdiscriminatoren van de ontvangers reageren niet op dergelijke zeer kortstondige informatie. Is de daaltijd groot, dan zullen de discriminatoren wel reageren en een smal pulsje naar de pulsversterker en de integrator sturen. Deze laatste schakeling vlakt deze pulsjes af, waardoor het relais zou kunnen aanspreken. Vandaar dat de integrator zo moet worden ontworpen, dat hij alleen reageert op pulsen van 400 µs. Smallere pulsen, die in de ontvanger ontstaan als gevolg van slechte stijg- en daaltijden, mogen de integrator niet sturen.
De vertaling van het blokschema van de zender naar praktische schakelingen was doodsimpel. Gelukkig viel er bij de ontvanger heel wat meer denkwerk te verrichten, hetgeen zal blijken uit de volgende paragrafen!

De vensterdiscriminator
De functie van een vensterdiscriminator komt in het kort op het volgende neer. Een gelijkspanning wordt aangeboden aan twee comparatoren. Deze schakelingen vergelijken de grootte van deze spanning met twee referenties. Als de gelijkspanning tussen de referenties valt, zullen de comparatoren een uitgangspuls genereren.
Bij deze schakeling zitten we met het probleem dat de lijnspanning geen gelijkspanning is. De discriminator moet de kortstondige aanwezigheid van een puls van een bepaalde grootte detecteren. Als die puls aanwezig is, dan moet de schakeling een signaal opwekken.
Het principe van de ontwikkelde schakeling is getekend in figuur 4/14.73-14. De basisopzet is identiek aan die van een gewone vensterdiscriminator. De uitgangsspanningen van de twee comparatoren worden echter door middel van een weerstandsmenger bij elkaar opgeteld.



Figuur 4/14.73-14: Het principe van de speciaal ontwikkelde vensterdiscriminator.

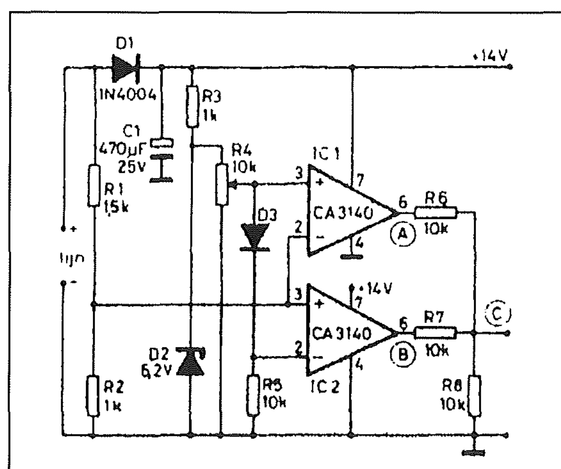
De weerstanden R1, R2 en R3 zijn even groot. De positieve ingang van de bovenste comparator wordt aangesloten op een referentie U_{ref1}. De negatieve ingang van de onderste comparator ontvangt een tweede referentie, U_{ref2} die kleiner is dan de eerste. De twee overige ingangen van het systeem zijn verbonden met de lijnspanning.
De werking van het geheel volgt uit de grafieken. Voor tijdstip t1 is de lijnspanning groter dan U_{ref1}. De uitgang van de bovenste comparator is nul, de onderste schakeling levert de voedingsspanning

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

op zijn uitgang. Op punt C zal dus een signaal ontstaan dat gelijk is aan een derde van de voedingsspanning. Zowel R1 als R3 zijn immers verbonden met de massa. Over deze twee parallel geschakelde weerstanden ontstaat een spanning, die gelijk is aan $1/3*U_b$. Tussen t1 en t2 zakt de signaalspanning onder U_{ref1}. De bovenste comparator reageert, zijn uitgang wordt positief. Zowel punt A als punt B zijn gelijk aan de voedingsspanning. De weerstanden R1 en R2 zijn parallel geschakeld, zodat op punt C een spanning van $2/3*U_b$ ontstaat. Tussen t2 en t3 wordt de beginsituatie hersteld. De uitgangsspanning op punt C is wederom gelijk aan $1/3*U_b$. Na t3 zakt de ingangsspanning onder U_{ref2}. De twee comparatoren worden geactiveerd, zodat uitgang A positief wordt en uitgang B gelijk aan de massa. Voor punt C maakt dat echter niets uit. Omdat de uitgangsspanningen van de comparatoren steeds tegengestelde waarden hebben, zal C gelijk blijven aan een derde van de voedingsspanning.
Conclusie: op de uitgang van de vensterdiscriminator ontstaat een puls, als de ingangsspanning tussen beide referentieniveaus valt. Deze puls heeft een grootte gelijk aan een derde van de voedingsspanning en is gesuperponeerd op een gelijkspanning van dezelfde waarde.
Door het variëren van de twee referenties kan men de schakeling laten reageren op iedere gewenste puls uit het ingangssignaal.
Op de grafiek C zijn enige smalle pulsjes getekend. Dat zijn ongewenste parasieten, die ontstaan door slechte schakeltijden van het lijnsignaal en door de traagheid van de comparatoren.
Het zijn deze pulsjes, die in de storingsongevoelige integrator moeten worden onderdrukt.

De praktijk van de vensterdiscriminator

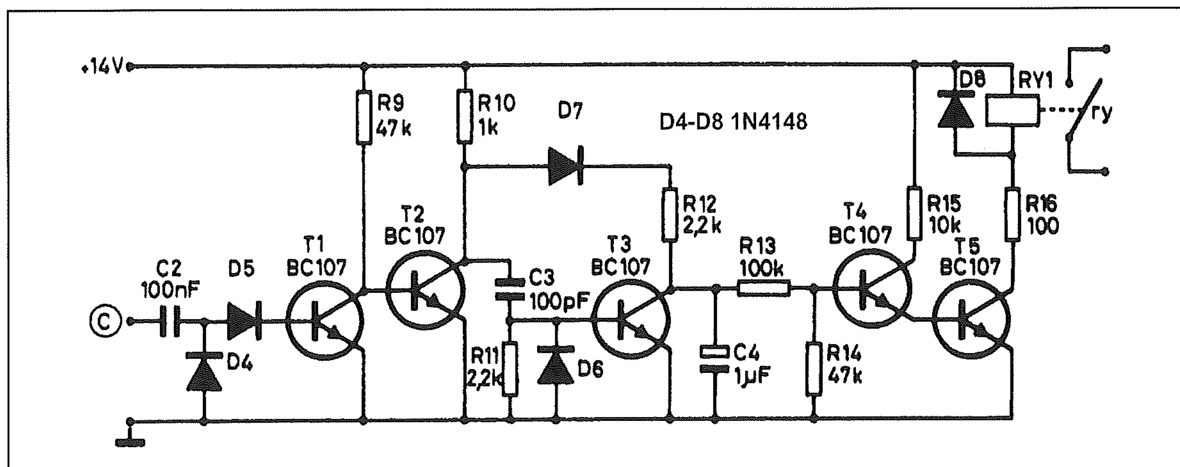
Figuur 4/14.73-15 geeft de praktische schakeling van de vensterdiscriminator weer, met de voeding en de instelbare referentiespanningen. De lijnspanning wordt door middel van diode D1 en een condensator C1 van 470 µF gelijkgericht. Over dit laatste onderdeel ontstaat een gelijkspanning van ongeveer 14 V. De diode spert als de lijnspanning een duik naar een van de schakelpulsen maakt en laadt de condensator op als de ingangsspanning gelijk is aan 15 V.



Figuur 4/14.73-15: Het praktisch schema van de vensterdiscriminator.

Uit deze voedingsspanning wordt door middel van weerstand R3 en zenerdiode D2 een temperatuurstabiele spanning van ongeveer 6 V afgeleid. Door middel van de potentiometer R4 kunt u de twee referenties voor de vensterdiscriminator gelijktijdig instellen. De loper van deze instelpotentiometer levert U_{ref1} voor de bovenste comparator. Door middel van de diode D3 en de weerstand R5 wordt deze referentie een bedrag van 0,7 V verlaagd en aangeboden als U_{ref1} aan de onderste comparator.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel



Figuur 4/14.73-16: De pulsversterker, de storingongevoelige integrator en de buffer.

Het venster is 0,7 V groot, hetgeen meer dan voldoende is om, ook bij kleine variaties van de zenerspanning en van de pulsspanningen, het systeem goed te laten werken.

De lijnspanning wordt door middel van een spanningsdeler R1-R2 aangepast aan de grootte van de referenties.

De staart van de schakeling

Figuur 4/14.73-16 geeft een idee over de praktische realisatie van de pulsversterker, de storingongevoelige integrator en de buffer. De pulsen op uitgang C moeten niet alleen worden versterkt, maar bovendien bevrijd van de gelijkspanningscomponenten. C2, D4 en D5 nemen deze laatste opdracht voor hun rekening. C2 en D4 vormen een clampkring: de diode gaat geleiden als de spanning op de rechter plaat van de condensator negatief wil worden. Zodoende zal het signaal op dat punt "vastgekleefd" worden op de massa, met positieve pulsjes van 4 V. De transistoren T1 en T2 vormen de eenvoudigst mogelijke versie van een tweetraps versterker, zodat op de collector van T2 pulsen verschijnen met een amplitude van 14 V.

Helaas worden ook de smalle stoorpulsen tot die waarde opgepept, zodat de integrator rond T3 en C4 enige extra's vereist.

Eerst een opmerking over de noodzaak van de integrator. Als op de zender een kanaal wordt ingeschakeld, dan zal de vensterdiscriminator van de op dat kanaal afgestemde ontvanger 250 keer per seconde een puls van 400 µs opwekken. Deze verschijnt op de collector van T2. Natuurlijk kan men met deze puls geen relais sturen. De pulstrein moet worden omgezet in een gelijkspanning en een integrator is gespecialiseerd in dat soort werk. Dat gaat erg eenvoudig. Als er op de collector van T2 een positieve puls verschijnt, gaat de diode D7 geleiden en vloeit er, via R12, een stroompje in de elco van 1 µF (C4). Deze laadt op. Bij iedere 400 µs puls laadt de elco iets meer op, zodat na een bepaalde tijd de spanning over het onderdeel gelijk is aan de voedingsspanning. Met deze spanning wordt het relais bekrachtigd.

Het zou kunnen gebeuren dat de elco wordt opgeladen door de smalle stoorpulsen die ook ontstaan als de ontvanger niet is ingeschakeld.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

ONDERDELENLIJST ONTVANGER

WEERSTANDEN, 1/4 W 5 %

R1	1,5 kΩ
R2,R3,R10	1 kΩ
R5,R6,R7,R8,R15	10 kΩ
R9,R14	47 kΩ
R11,R12	2,2 kΩ
R13	100 kΩ
R16	100 Ω

INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 5 mm

R4	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1	470 µF	25 V printelco
C2	100 nF	MKH
C3	100 pF	ceramisch
C4	1 µF	16 V printelco

HALFGELEIDERS

D1	1N4004
D2	zenerdiode, 6,2 V, 400 mW
D3-D8	1N4148
T1-T5	BC107
IC1,IC2	3140, mini-DIL

DIVERSEN

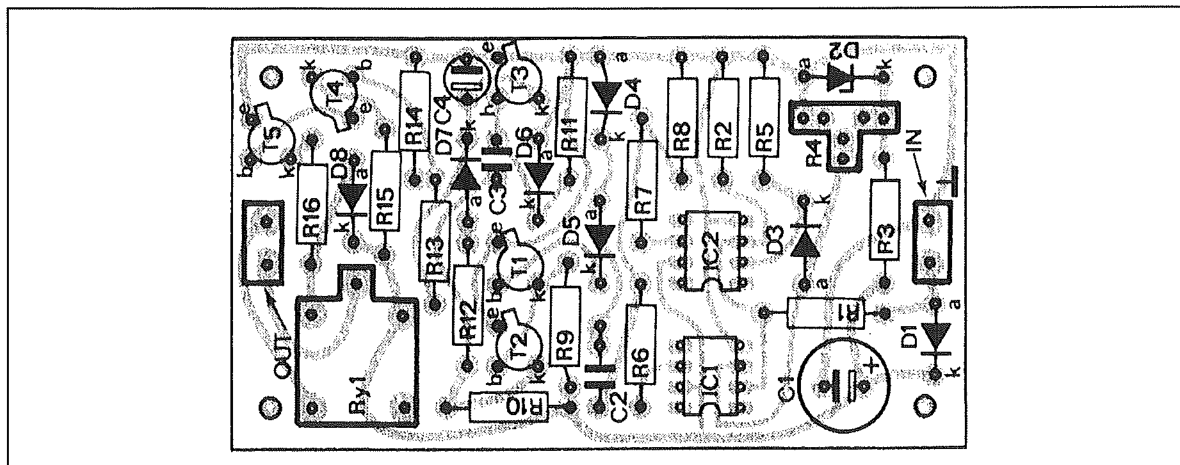
1	printrelais Hosiden, TRMO-100
2	printkroonsteentje, tweepolig

Vandaar het netwerkje C3, R11 en D6. Deze onderdelen vormen een snelle differentiator. Alleen de snelle voorflank van een puls wordt door dit netwerkje doorgelaten naar de basis van transistor T3. Deze geleidt en ontlaadt de condensator C4. De stroom die, als gevolg van een smalle puls op de collector van T2, door D7 en R12 naar C4 wil vloeien, wordt afgeleid naar de massa door de geleidende transistor T3.

Het zal duidelijk zijn dat dit systeem geen merkbare invloed heeft als de brede stuurpulsen aanwezig zijn. T3 geleidt immers maar heel eventjes en nadien kan C4 met volle teugen genieten van de hem tegemoetkomende stroom.

De rest van de schakeling behoeft nauwelijks commentaar. R13 en R14 vormen een belasting voor de elco C4 zodat deze zich, als het kanaal waarop de ontvanger is afgestemd wordt uitgeschakeld, vrij snel kan ontladen. Tevens verzorgen deze twee weerstanden de sturing voor de darlingtoncombinatie T4 en T5. De in de prototypen gebruikte relais zijn van Hosiden, type TRMO-100. Deze relais kunnen de netspanning schakelen, zijn klein en bovendien erg goedkoop. Nadelen zijn het hoge stroomverbruik van 100 mA en de lage spoelspanning van 5 V. Zodoende moet men een voorschakelweerstand opnemen (R16), waar heel wat vermogen in verloren gaat.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

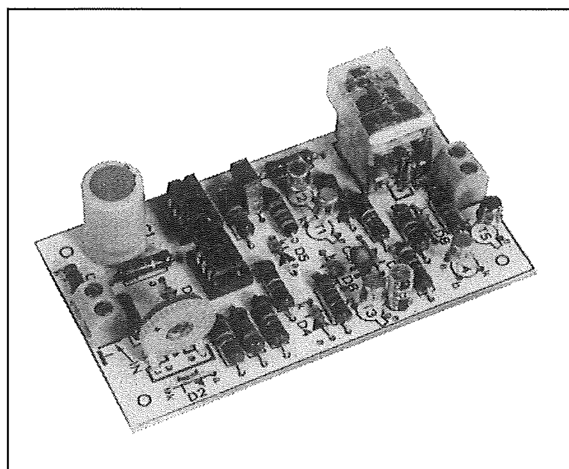


Figuur 4/14.73-18: De componentenopstelling van de ontvanger.

De praktijk

Het systeem in de praktijk

Het is ondoenlijk voor de zender een print te ontwerpen. De opbouw van deze schakeling hangt immers volledig af van uw individuele wensen, wat betreft aantal kanalen en besturingsmogelijkheden.



Figuur 4/14.73-19: De eenvoudige kant-en-klare ontvanger.

De ontvangers zijn wel op print te zetten, omdat deze schakelingen steeds identiek zijn.

Figuur 4/14.73-17, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, geeft het printje, waarbij figuur 4/14.73-18 als gids en plattegrond dient. Figuur 4/14.73-19 geeft een idee van een compleet gemonteerde ontvanger.

Afregelen van een ontvanger

Het afregelen van de ontvangers gaat als volgt. Verbindt een ontvanger met de uitgang van de zender. Schakel op de zender het kanaal, waarop de ontvanger moet reageren, in. Verdraai de instelpotentiometer R4 op de ontvangerprint tot het relais inschakelt. De instelpotentiometer wordt ingesteld in het midden van het inschakelgebied.

Nadat alle ontvangers zijn afgestemd is het systeem operationeel.

Meer kanalen

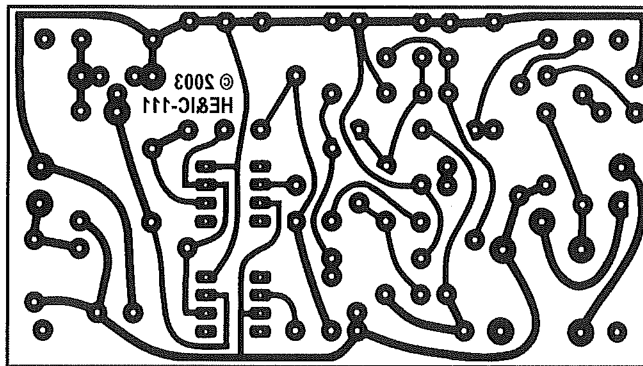
Wilt u meer dan de vijf beschreven kanalen, dan zult u in de eerste plaats de zender onder handen moeten nemen. Een systeem met acht kanalen wordt gerealiseerd door de 7490 te vervangen door een 16-deler 7493, de 7442 door een 74154 (binair naar 16-lijn decoder) en één 7404 extra te monteren. De acht on-

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

even uitgangen van de 74154 sturen dan acht inverters.
Natuurlijk moet u ook de stuurbare spanningsdeler uitbreiden. Wilt u 2 V verschil tussen de inschakelniveaus handhaven, dan zult u de voedingsspanning van het geheel moeten verhogen. Bij een voedingsspanning van 20 V in plaats van 15 V worden de niveaus dan 4 V, 6 V, . . ., 16 V en 18 V.
De waarde van de weerstanden Rx uit de spanningsdeler volgt uit de formule:
Rx = Ux / [10 - Ux] (kΩ)
waarbij U_x de schakelspanning voorstelt en uitgegaan wordt van R2 = 1 kΩ.
Bij de ontvangers zal alleen de waarde van de zenerdiode moeten worden verhoogd tot 9,2 V.
Grotere systemen zijn in principe mogelijk, maar dan zal uw eigen inventiviteit flink worden aangesproken. Het digitale gedeelte wordt dan uiteraard flink uitgebouwd, de clockfrequentie van de zender moet opgeschroefd, de nauwkeurigheid van de inschakelniveaus moet groter zijn. Door het feit dat deze dan dichter bij elkaar liggen zal ook de ontvanger onder de loupe moeten worden genomen. Natuurlijk kan men de siliciumdiode, waarmee de twee referenties onderling op 0,7 V worden gefixeerd, vervangen door een germanium soortgenoot. De vensterbreedte wordt dan 0,3 V. Duidelijk is dat de stabiliteit van de zenerspanning erg groot moet zijn.

Filosoferen over het systeem
Wij hebben niet voor niets zoveel aandacht aan deze schakeling geschonken. Doordenkend komt men erg snel tot het besluit dat het principe van deze schakeling voor verschillende toepassingen erg bruikbaar is. Wat te denken bijvoorbeeld van een inbraakalarm, waarbij de verschillende sensoren door middel van een twee-aderige kabel worden verbonden met de "moeder"-schakeling en waarbij niet alleen de voeding voor de sensoren over deze kabel wordt getransporteerd maar bovendien informatie over welke sensor een inbraak heeft vastgesteld? Iedere geactiveerde sensor zet dan een puls met een bepaalde amplitude op de lijn, hetgeen de "moeder" door middel van eenzelfde soort vensterdiscriminatoren als hier beschreven kan detecteren.
Als men de frequentie van het systeem flink zou kunnen opvoeren (bijvoorbeeld tot enige honderden kHz) dan kan het principe worden gebruikt voor het opbouwen van een one-line intercom, of meer algemeen, voor het transporteren van verschillende LF-signalen over één kabel. De verschillende schakelniveaus worden dan AM-gemoduleerd met de te transporteren signalen. In de ontvangers worden deze samples opgeslagen in een analoog geheugen en nadien omgevormd in een hoorbaar signaal. Door middel van het variëren van de drempel van de discriminator kan men een ontvanger op ieder gewenst LF-kanaal afstemmen.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel



Figuur 4/14.73-17: De print voor een ontvanger.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.73 Vijf belastingen besturen met één twee-aderige kabel

4/14.74

Digitale reactietijd tester

Inleiding

Het in dit hoofdstuk beschreven ontwerp is een schakeling, waarmee u spelenderwijs de menselijke reactietijd op gebeurtenissen kan bepalen. Het spelletje gaat als volgt.

Na het inschakelen van de voedingsspanning gaat de eerste uit een rijtje van vijftien platte LED's branden. Ongeveer 20 seconden later wordt een in de schakeling ingebouwd zoemertje gestuurd. Het komt er dan op aan dat toetertje, middels een druk op de knop, zo snel mogelijk de mond te snoeren. De reactietijd wordt uitgelezen op de LED-kolom. De schaal kan worden geijkt in 20, 25 of zelfs 50 ms/LED, afhankelijk van de instelling van een intern oscillatortje. Na 5 seconden reset de schakeling, waarbij de eerste LED weerom gaat branden. Het wordt opletten geblazen! Twee tot twintig seconden na de reset zal de zoemer opnieuw worden geactiveerd. De juiste tijd is niet voorspelbaar, want een en ander is afhankelijk van de stand van een teller.

De schakeling werkt dus volledig automatisch, het enige dat u moet doen is op het juiste moment de knop indrukken.

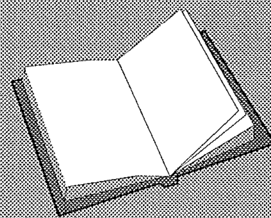
Voor het geval dat u erg traag reageert en de LED-schaal wordt "overstuurd", zal de schakeling reageren door het continu sturen van de zoemer. De vervelende zeurtoon raakt u dan kwijt door het apparaatje even uit te schakelen.

Het blokschema

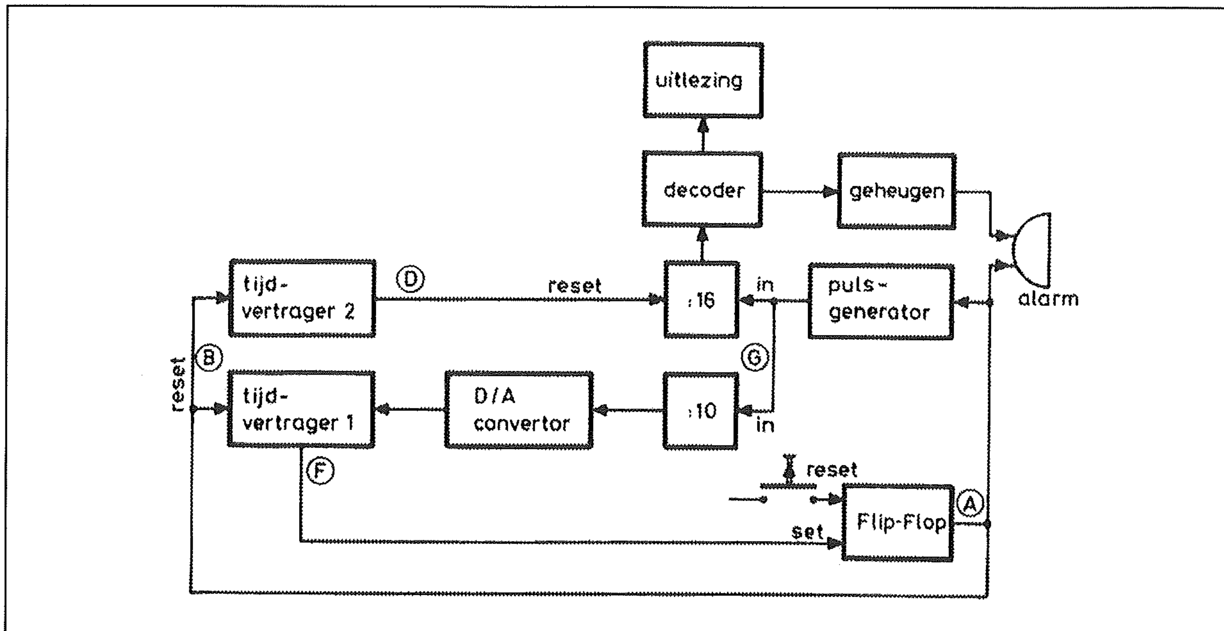
Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.74-1. Het tellen en uitlezen van de reactietijd wordt verzorgd door een 16-deler, een decoder en de uitlezing. De deler wordt gestuurd uit een pulsgenerator, die echter niet vrijlopend is, maar gestuurd door een flip-flop.

Het setten van deze schakeling gebeurt door een signaal, afkomstig van een tijdvertragende schakeling. Natuurlijk is deze schakeling niet in staat de tijd te vertragen. Het enige dat met deze kreet wordt bedoeld is dat deze schakeling een bepaalde tijd na het plaatsvinden van een gebeurtenis een uitgangspuls zal opwekken.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.40
Hoofdstuk 4/14.72



14.74 Digitale reactietijd tester



Figuur 4/14.74-1: Het blokschema van de schakeling.

In dit kader reageert de schakeling op twee gebeurtenissen: enerzijds het aanschakelen van de voedingsspanning en anderzijds het drukken op de reactieknop van het apparaatje.
Het tijdsverloop tussen gebeurtenis en opwekken van de uitgangspuls is afhankelijk van de stroom, die een digitaal naar analoog convertor naar de tijdvertrager stuurt. Deze stroom, op zijn beurt, wordt bepaald door de tellerstand van een tiendeler. Deze tiendeler wordt gestuurd uit de reeds eerder genoemde pulsgenerator.
De schakeling herbergt een tweede tijdvertrager, die zorg draagt voor het resetten van de 16-deler, met andere woorden voor het op nul zetten van de uitlezing.
Nog niet besproken is het alarm, gestuurd uit de flip-flop of een geheugen. Het geheugen wordt gestuurd uit de decoder en komt in actie als de 16-deler meer dan een telcyclus doorloopt. Alle acteurs, die meespelen in dit blijspel, zijn voorgesteld. Laten we nu kijken wat voor rol de regisseur voor hen heeft weggelegd.

Werkingsprincipe

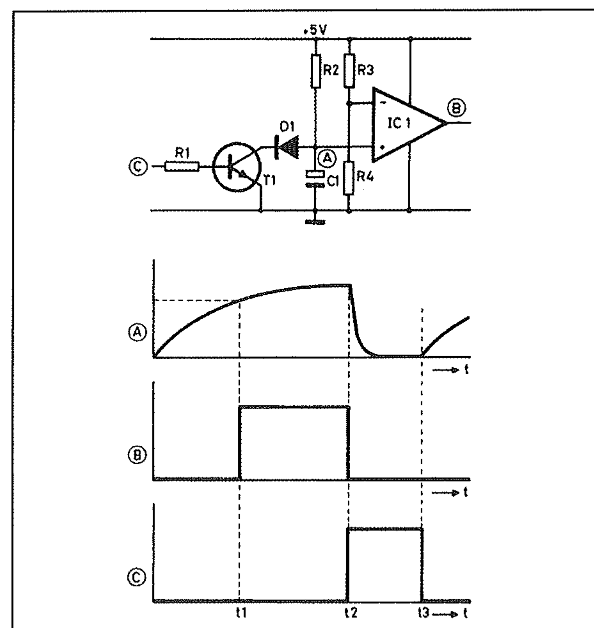
Bij het aanschakelen van de voedingsspanning zal de flip-flop steeds in een bepaalde voorkeurstand komen. Het uitgangssignaal A van deze schakeling is dan nul. Het alarm en de pulsgenerator worden niet gestuurd. De beide tellers zullen geen pulsen kunnen tellen en de kans is groot dat hun inhoud gelijk is aan nul. Meestal, immers, gaan TTL-tellers bij het aanschakelen van de voedingsspanning naar nul. De decoder doet zijn plicht, zodat de eerste LED uit het rijtje van 15 oplicht. De twee tijdvertragers gaan aan de slag. Na ongeveer 5 s zal nummer 2 een uitgangspuls D oprispen, waardoor de 16-deler een reset puls ontvangt. Zou deze teller zich bij het aanschakelen van de voeding een van nul afwijkende inhoud hebben toegeëigend, dan wordt dit nu alsnog gecorrigeerd.

14.74 Digitale reactietijd tester

Conclusie: 5 s na het aanschakelen van het apparaat gaat de eerste LED branden.
Tijdvertrager nummer 1 is niet zo snel als zijn broertje. Afhankelijk van de inhoud van de 10-deler duurt het 7 tot 25 s (gerekend van het inschakelen van het apparaat) vooraleer uitgangspuls F verschijnt. Maar dan gaan de poppen goed aan het dansen! De flip-flop wordt geset, zodat signaal A uit de coulissen te voorschijn springt en de actie inzet. De pulsgenerator start, zodat de beide tellers wakker worden. Het alarm ontvangt signaal en reageert op zijn eigen, typische manier door het produceren van een 400 Hz toontje. De twee tijdvertragers worden gereset, zodat de 16-deler ongehinderd door een reset signaal aan de slag gaat en de flip-flop kan reageren op een reset puls van de drukknop.
In het blokschema is de uitgang van de flip-flop (signaal A) rechtstreeks gekoppeld met de tijdvertragers (signaal B). In de praktijk zal blijken dat A van B wordt gescheiden door een noodzakelijk, maar voor het verklaren van de werking onbelangrijk trapje.
De twee tellers zijn ondertussen rustig aan het tellen. De inhoud van de 16-deler wordt door de decoder vertaald, zodat de uitlezing reageert. Na iedere uitgangspuls van de generator zal het volgende LED'je uit de rij gaan branden. Door het drukken op de reset drukknop valt iedere activiteit echter stil. De flip-flop reset, uitgangspuls A verdwijnt. Het alarm houdt de adem in en de pulsgenerator houdt het ook al voor gezien. De inhoud van de tellers blijft constant, zodat de reactietijd kan worden afgelezen.
Het wegvallen van signaal A port echter de twee tijdvertragers weer op. Na 5 s verschijnt puls D, de 16-deler reset en de uitlezing gaat naar nul. De eerste tijdvertrager ontvangt informatie over de inhoud van de 10-deler via de A/D-convertor en zal aan de hand van deze informatie snel of minder snel reageren. Het verschijnen van signaal F luidt de tweede ronde van dit spelletje in.

De tijdvertragers

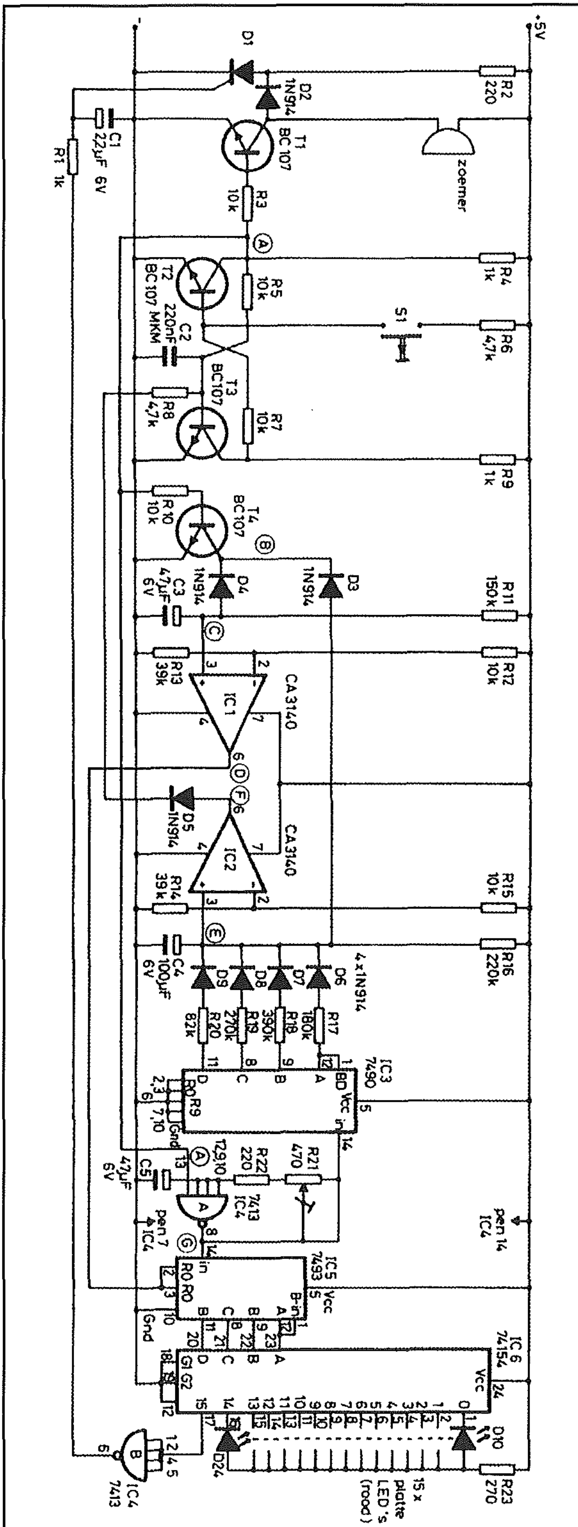
De in dit apparaatje gebruikte schakelingen zijn geen onbekenden, zodat we bij de bespreking van het totale schema alleen de onderlinge sturingen zullen moeten behandelen. Alleen het schema van de beide tijdvertragers is enigszins ongewoon en vandaar dat we er een extra paragraafje aan wijden.
Figuur 4/14.74-2 geeft het principe-schema.



Figuur 4/14.74-2: Het principe van de tijdvertragende schakeling.

Gebruikt wordt een moderne op-amp, de 3140.

14.74 Digitale reactietijd tester



Figuur 4/14.74-3: Het volledig schema van de schakeling.

Deze schakeling werkt goed bij een voedingsspanning van 5 V en kan dus gebruikt worden in combinatie met TTL-IC's. De negatieve ingang van de op-amp wordt door middel van twee weerstanden ingesteld op een vaste spanning van ongeveer 4 V. De positieve ingang is verbonden met een RC-netwerk. Bij het inschakelen van de voedingsspanning is de condensator volledig ontladen, zodat de spanning op de positieve ingang kleiner is dan de spanning op de negatieve. De uitgang van de op-amp is bijgevolg laag. Bij de 3140 betekent laag ook werkelijk laag. De restspanning is ongeveer 0,2 V, hetgeen voor ieder TTL-IC niet mis te verstaan is: digitaal laag.
De elco laadt zich op en na enige tijd, afhankelijk van de tijdconstante van de RC-kring, wordt de positieve ingang gelijk aan de negatieve. De uitgang van de op-amp klapt om en wordt gelijk aan ongeveer 3 V (bij deze lage voedingsspanning). Ook dit signaal is eenduidig voor TTL-schakelingen: digitaal hoog.
De schakeling wordt gereset door het ontladen van de condensator. In het getekende voorbeeld kan dat door de over de elco geschakelde transistor in geleiding te sturen. Zodra de positieve resetpuls wegvalt, herhaalt de cyclus zich.

Het volledig schema

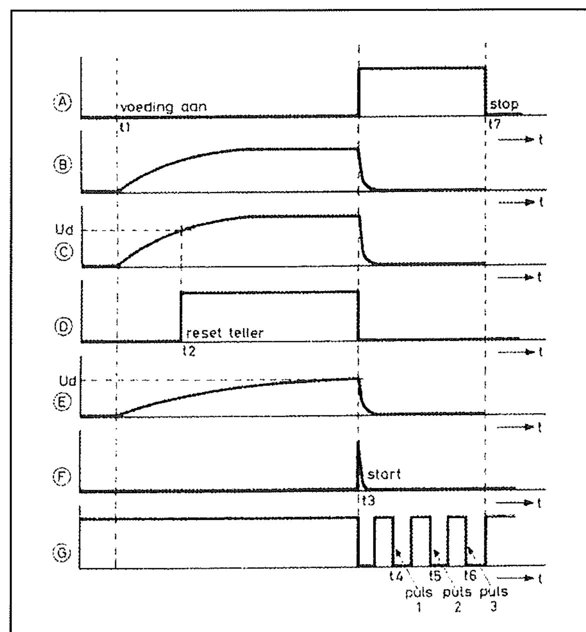
Het volledig schema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.74-3 en laat zich, met het blokschema in het achterhoofd, eenvoudig ontcijferen. IC4a is de pulsgenerator, een 7413 in zijn favoriete rol. Een ingang wordt gebruikt voor het sturen van de schakeling door middel van signaal A. Het tellen en uitlezen van de tijd kan men met een gerust hart toevertrouwen aan de combinatie IC5 en

14.74 Digitale reactietijd tester

IC6. Vijftien uitgangen van de SN74154 sturen even veel LED's. De laatste uitgang van dat IC wordt gebruikt voor het decoderen van een te lange reactietijd. Door middel van een invertor IC4b zal het signaal op uitgang 15 in staat zijn de zoemer constant te sturen.
De tiendeler is ook geen onbekende. IC3 is een 7490, waarbij de vier uitgangen stromen sturen in evenveel weerstanden. De combinatie van stromen zal de condensator van de tijdvertrager opladen.
De twee driehoekjes, IC1 en IC2, stellen de op-amp's van de tijdvertragers voor. IC1 zorgt voor het resetten van de 16-deler, IC2 voor de door het toeval bepaalde inschakeltijd van de zoemer. De flip-flop is zowaar op de vanouds bekende manier opgebouwd: twee transistoren T2 en T3 zorgen door middel van hun basis-collector terugkoppelingen voor het flippen en floppen.
De zoemer wordt gestuurd via de schakeltrap rond transistor T1. Het geheugen is niets meer dan een laagvermogen thyristor D1. Als deze een signaaltje op de gate voelt, gaat hij geleiden en blijft dit stug volhouden tot u de voedingsspanning verwijdert.

Tijddiagram van de schakeling
De werking van de schakeling wordt besproken aan de hand van de grafieken van figuur 4/14.74-4. De letters in cirkels verwijzen naar het schema.

Het aanschakelen van de voedingsspanning
De flip-flop zal zijn ruststand opzoeken, namelijk T2 geleidend en T3 gesperd. Condensator C2 is de dader. Dit onderdeel zorgt er immers voor, dat T3 minder snel in geleiding kan komen dan T2. Signaal A is bijgevolg gelijk aan nul en dit heeft enige consequenties voor de rest van de schakeling.



Figuur 4/14.74-4: De timingdiagrammen van de schakeling.

A stuurt namelijk de bovenste ingang van de poort IC4a. Dat is een NAND, met als gevolg dat de uitgang van die poort hoog is. Signaal G is dus gelijk aan 5 V. De condensator C5 van 47 µF laadt zich op via R21 en R22.
Signaal A stuurt verder transistor T4. Deze halfgeleider spert, de dioden D3 en D4 voeren geen stroom. De anoden van deze onderdelen zijn verbonden met de condensatoren C3 en C4, de tijdbepalende elementen van de tijdvertragende schakelingen. Het gevolg is dat beide elco's zich kunnen opladen. C3 doet dat via R11. De spanning op punt C stijgt langzaam. Zolang deze spanning lager is dan de spanning op het knooppunt van R12 en R13, is de uitgang van op-amp IC1 (signaal D) nul. Na 5 s gebeurt het onvermijdelijke. De spanning op C wordt groter dan U_d, de compara-

14.74 Digitale reactietijd tester

tor IC1 klapt om, signaal D wordt positief. Deze spanning stuurt de reset ingangen van de teller IC5. De 16-deler gaat naar nul, indien hij al niet in deze toestand was. IC6 vertaalt deze informatie, zijn 0-uitgang wordt laag. D10, de eerste LED uit de rij, ervaart spanningsverschil tussen zijn pootjes en bloost van plezier.
Ondertussen mogen we niet vergeten dat elco C4 zich te goed doet aan de stroom, die via R16 uit de voedingsspanning stroomt. Het kan zelfs zijn dat er ook nog stroom in de elco vloeit via een van de weerstanden R17 tot en met R20. Dat is afhankelijk van de toevallige inhoud van de 10-deler IC3.
De spanning op punt E zal dus snel of minder snel stijgen. Na een bepaalde tijd overschrijdt signaal E de drempelspanning U_d. De comparator IC2 reageert door het hoog maken van zijn uitgang F. Dit signaal stuurt, via de diode D5 en de weerstand R8, een stroom in de basis van transistor T3. De flip-flop klapt om, punt A wordt gelijk aan de voedingsspanning.

Wat heeft dit allemaal tot gevolg?
In de eerste plaats het in geleiding komen van transistor T1. Er vloeit stroom door de zoemer en deze brengt zijn serenade ten gehore. In de tweede plaats zal transistor T4 open worden gestuurd. De collector wordt verbonden met de massa van de schakeling, de dioden D3 en D4 geleiden. De condensatoren C3 en C4 van de tijdvertragende schakelingen worden snel ontladen.
De uitgangsspanningen van de comparators worden gelijk aan nul. Het positief worden van de spanning op punt A heeft bovendien tot gevolg dat de oscillator, opgebouwd uit de poort IC4a, pulsen gaat opwekken. Op dit moment worden de ingangen van de poort positief, zodat de uitgang naar nul gaat. De opgeladen elco C5 gaat dan ontladen via de weerstanden R21 en R22. Na enige tijd klapt de schmitt-trigger om, de uitgang wordt weer gelijk aan de voedingsspanning. De elco laadt zich op. Kortom, aan de uitgang van de poort verschijnen pulsen, die geteld worden door de beide tellers.
Men kan zich, na het aandachtig bekijken van de diagrammen van figuur 4/14.74-4, de vraag stellen of de tellers niet reageren op de negatieve flank aan de uitgang van de multivibrator op tijdstip t3. Dat is niet zonder meer het geval. De 10-deler zal wel reageren, maar dat is niet erg. Deze teller heeft niets te maken met het registreren van de reactietijd. De reset ingangen van de 16-deler waren voor tijdstip t3 gelijk aan de voedingsspanning (signaal D). Dat signaal blijft, ook na het omklappen van de flip-flop op tijdstip t3, even positief. Eerst moet immers condensator C3 worden ontladen en dat duurt een bepaalde tijd. IC5 wordt dus eerst actief nadat de eerste negatieve flank van signaal G voorbij is, zodat de reactietijd teller 7493 een juiste indicatie geeft van het aantal door de pulsgenerator IC4a opgewekte pulsen.
De uitlezing reageert zoals verwacht kan worden: na de eerste puls (tijdstip t4) dooft de eerste LED (D10) van de uitlezing en gaat zijn soortgenoot D11 branden. Na de tweede puls, op tijdstip t5, is het de beurt aan de derde LED uit de rij. Dat gaat zo verder, tot de oscillator wordt gestopt door het drukken op de reset schakelaar S1.
Er gaat dan stroom vloeien in de basis van transistor T2. Deze halfgeleider gaat geleiden, zodat de flip-flop omklapt en de spanning op A gelijk wordt aan nul (tijdstip t7).

14.74 Digitale reactietijd tester

Dit heeft tot gevolg dat de oscillator wordt geblokkeerd. De bovenste ingang van de poort IC4a wordt dan laag, zodat de uitgang prompt hoog opzoekt. De beide tellers blijven op de plaats rust, zodat de reactietijd kan worden afgelezen op de uitlezing.
Door het wegvallen van de spanning op A wordt transistor T1 aan zijn lot overgelaten, zodat deze spert en het alarm de mond snoert. Ook transistor T4 gooit de deur dicht, de dioden D3 en D4 achten het verstandig verder geen elektronen meer door te laten.
De condensatoren C3 en C4 kunnen dus opnieuw opladen, waarbij de laadstroom voor C4 niet alleen wordt geleverd door de weerstand R16, maar waarschijnlijk ook door een of meerdere exemplaren uit het rijtje R17 tot en met R20. Welke onderdelen deelnemen aan het oplaadfestijn is uiteraard afhankelijk van de inhoud van de 10-deler. Deze inhoud is voor de speler onbekend, zodat het moment waarop de zoemer de tweede spelronde inluidt niet kan worden geraden.
Uiteraard zijn de onderdelen C4 en R16 tot en met R20 zo bepaald, dat de minimale laadtijd voor C4 groter is dan deze voor C3. Was dat niet het geval, dan zou het kunnen gebeuren dat de zoemer de volgende spelronde aankondigt alvorens comparator IC1 de teller IC5 en daarmee ook de uitlezing, had gereset.

Te trage reactie

Rest nog de bespreking van de schakeling, die verantwoordelijk is voor het verklikken van een te trage reactietijd. Normaliter is uitgang 15 van de decoder IC6 hoog. Deze uitgang wordt geïnverteerd door IC4b en aangeboden aan de gate van de thyristor D1. Als de speler zo traag reageert, dat IC4a meer dan 14 pulsen kan opwekken, dan zal de genoemde uitgang even laag worden. Dit signaaltje zal een positieve puls op de gate van de thyristor tot gevolg hebben, zodat dit onderdeel gaat geleiden. De anode wordt met de massa verbonden en de zoemer wordt via D2 een uitweg naar nul volt aangeboden. De weerstand R2 is noodzakelijk voor het verhogen van de stroom, die door de thyristor vloeit.
Het alarm laat namelijk een lagere stroom dan de houdstroom door de halfgeleider vloeien, zodat deze niet in geleiding zou blijven na het wegvallen van de stuurpuls op de gate.
Het overschrijden van het meetgebied heeft dus een aanhoudende zoemtoon tot gevolg. Slechts het uitschakelen van de voedingsspanning gedurende ongeveer 10 s brengt het spelletje terug in zijn normale doen.

De bouw van de schakeling

Figuur 4/14.74-5, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, geeft het printontwerp en figuur 4/14.74-6 gidst alle onderdelen naar de hun toegewezen plaats. Uit deze figuur blijkt duidelijk, dat de 15 LED's van de uitlezing tegen de rand van de print worden gemonteerd. Zorgvuldig solderen is hierbij noodzaak, indien u er prijs op stelt dat de LED's keurig in het gelid worden opgesteld! De zoemer is een redelijk verkrijgbaar onderdeel, luistert naar de roepnaam MEB-6 of DM-03 en is lid van de Monacor familie. Voor de thyristor kan iedere laagvermogen stuurbare diode worden gebruikt. Bruikbaar zijn onder andere: 2N5060, TIC44 tot en met TIC47 en BRX46. De rest van de onderdelen is standaard. De schakeling wordt gevoed uit 5 V, waarbij de opgenomen stroom gelijk is aan 150 mA.

14.74 Digitale reactietijd tester

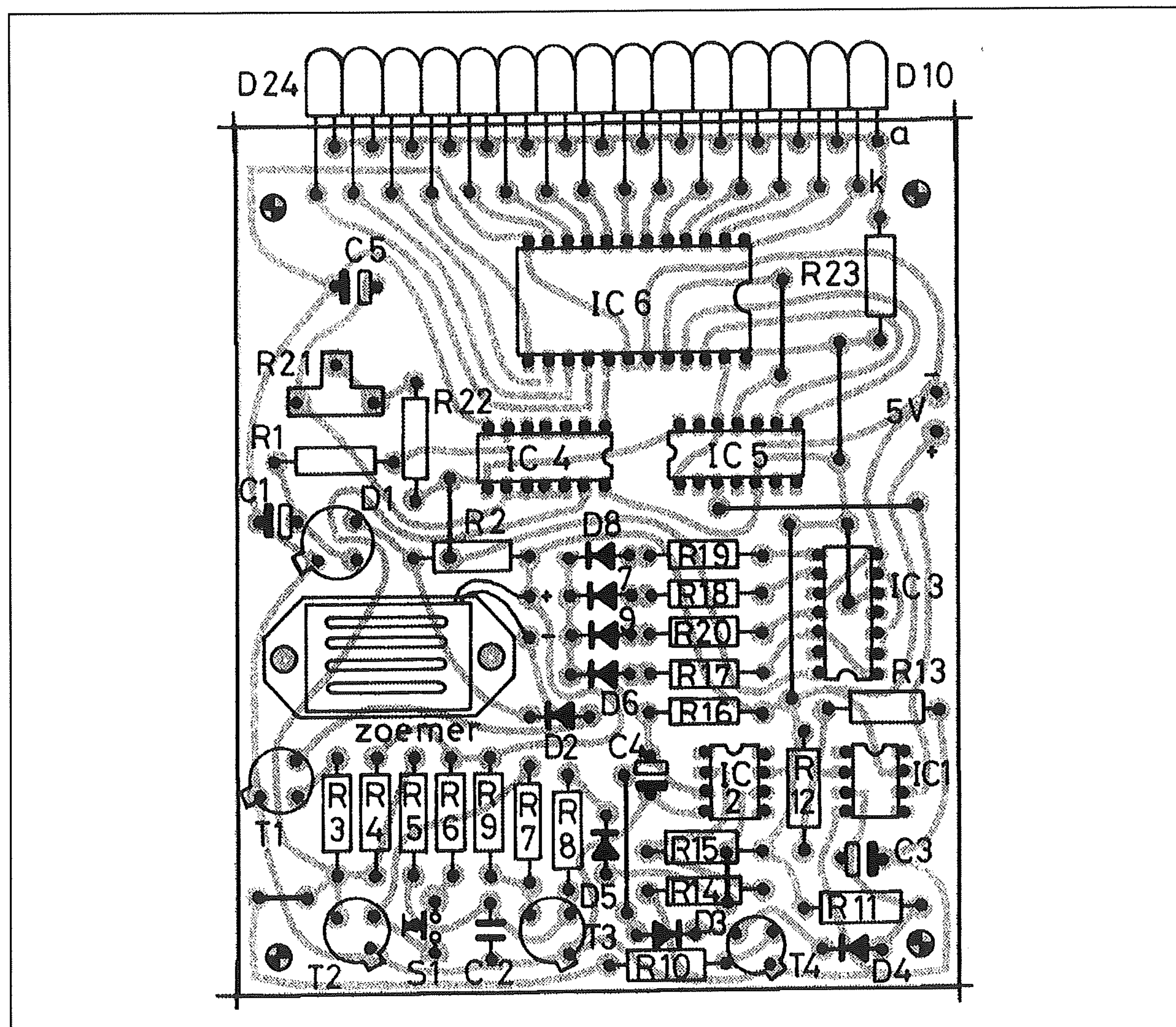
ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R4,R9	1 kΩ	
R2,R22	220 Ω	
R3,R5,R7,R10,R12,R15	10 kΩ	
R6,R8	4,7 kΩ	
R11	150 kΩ	
R13,R14	39 kΩ	
R16	220 kΩ	
R17	180 kΩ	
R18	390 kΩ	
R19	270 kΩ	
R20	82 kΩ	
R23	270 Ω	
INSTELPOTENTIOMETER, 10 x 5 MM STAAND		
R21	470 Ω	
CONDENSATOREN		
C1	2,2 µF	16 V printelco
C2	220 nF	MKH
C3,C5	47 µF	16 V printelco
C4	100 µF	16 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1	thyristor, 2N5060, TIC44, BRX46	
D2-D9	1N4148	
D10-D24	platte LED, rood	
T1,T2,T3,T4	BC107	
IC1,IC2	3140 mini-DIL	
IC3	7490	
IC4	7413	
IC5	7493	
IC6	74154	
DIVERSEN		
1	piëzo-zoemer, 5 V	
S1	drukknop, 1xMAAK	

De foto van figuur 4/14.74-7 geeft een impressie van de compleet gemonteerde print.

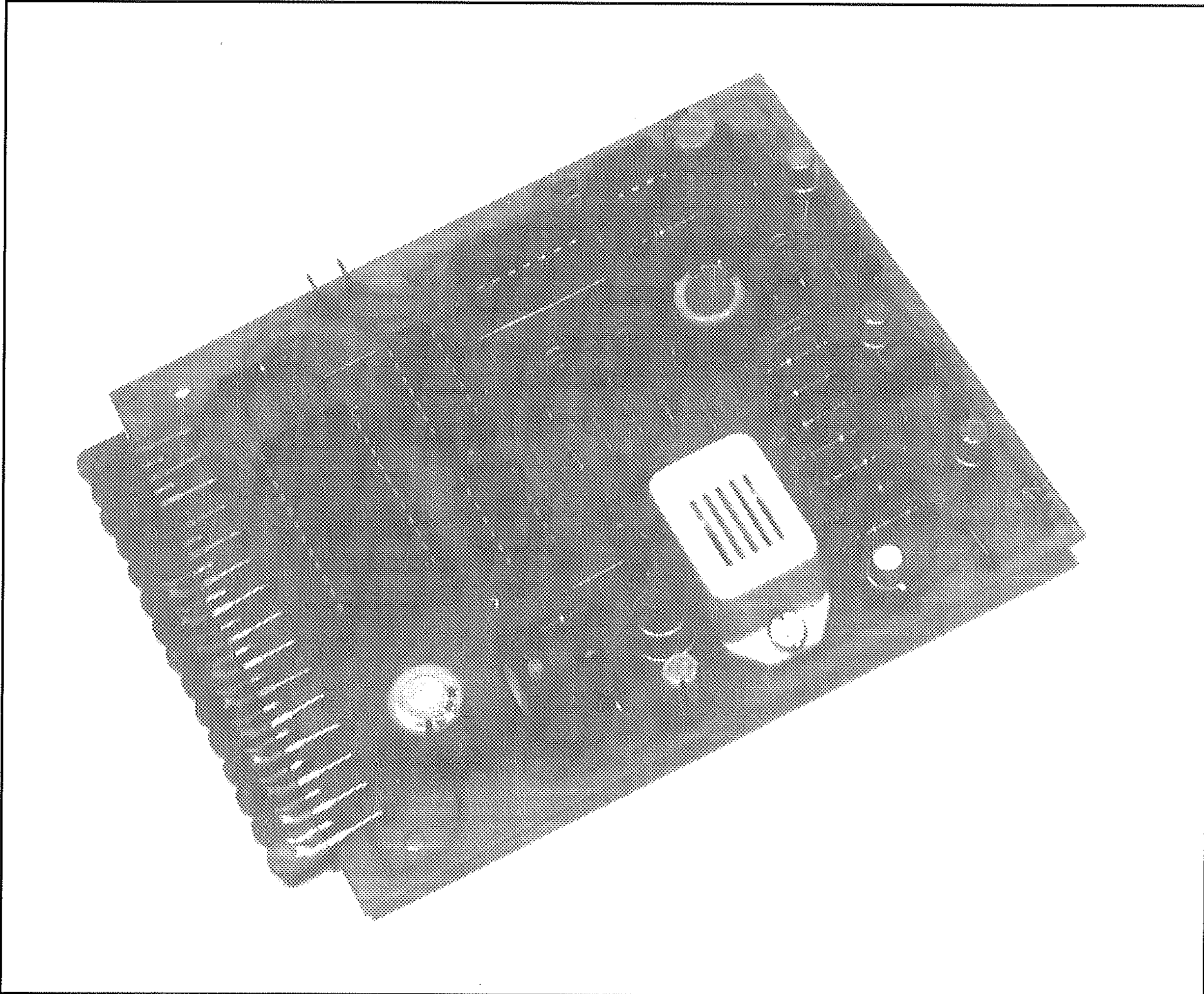
Het ijken van de schakeling
Door middel van de instelpotmeter R21 kan men de schakeling, indien gewenst, ijken. Dit gaat als volgt. Verbindt de schakeling met de voedingsspanning en sluit een digitale frequentiemeter aan tussen de massa en de uitgang van de oscillator (punt G). Laat de schakeling starten zonder op de reset knop te drukken. De oscillator blijft dan lopen, zodat men de frequentie op de meter kan aflezen. Stel deze grootheid in op 50 Hz. De periode van de puls is dan gelijk aan 20 milliseconde, zodat de schaal geijkt wordt met 20 ms/LED.

14.74 Digitale reactietijd tester



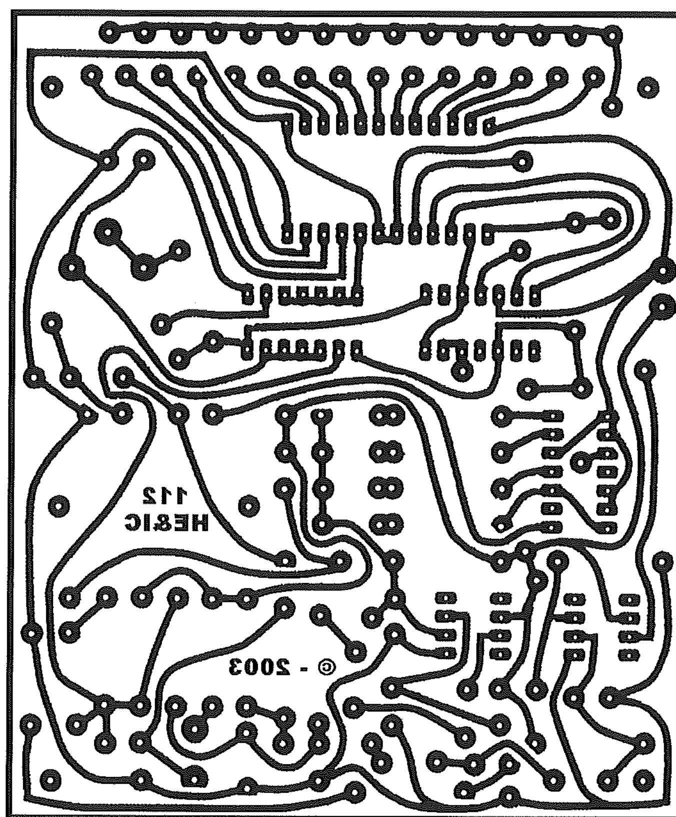
Figuur 4/14.74-6: De componentenopstelling van de schakeling.

14.74 Digitale reactietijd tester



Figuur 4/14.74-7: Het prototype van de schakeling.

14.74 Digitale reactietijd tester



Figuur 4/14.74-5: De print van de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.74 Digitale reactietijd tester

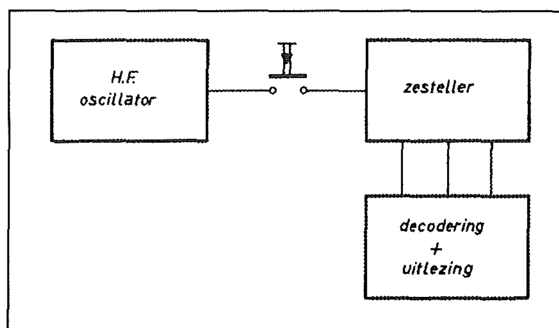
4/14.75

Een unieke elektronische dobbelsteen

Inleiding
Toen de oude Egyptenaren 2000 jaar voor onze tijdrekening de lange tocht naar de eeuwigheid voor hun dierbare afgestorvenen veraangenaamden door ze enige dobbelstenen mee te geven, zullen ze wel niet vermoed hebben dat dit spel ongeveer 4000 jaar later nog steeds even populair zou zijn. Behalve dat de twintigste-eeuwse dobbelsteen uit een machine rolt en de oud-Egyptische het resultaat was van noeste huisvlijt, is er aan dit kansspel eigenlijk niets veranderd.
Door combinatie van de moderne elektronische technologie en een TV-loos avondje, kan men deze 4000 jaar stilstand met één stap overbruggen: deze unieke dobbelsteen is het resultaat.

Ontwerpfilosofie
Theoretisch is het zeer eenvoudig een dobbelsteen elektronisch na te bouwen. De zes verschillende worpresultaten kunnen gesimuleerd worden door een telsysteem, dat zes verschillende toestanden bevat. Het kanselement in het spel, namelijk het rondtollen van de steen en het op een willekeurig cijfer tot stilstand komen, wordt verkregen door dit telsysteem gedurende een willekeurige tijd pulsen van een snelle oscillator te laten tellen.

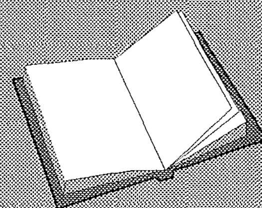
Tenslotte moet er nog een schakeling bijkomen, die de digitale inhoud van de teller vertaalt in voor mensen begrijpelijke symbolen. Het basisontwerp is in figuur 4/14.75-1 geschetst.



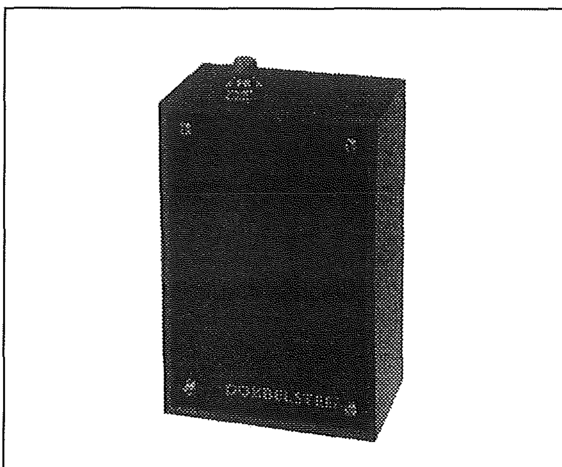
Figuur 4/14.75-1: Het basisprincipe van een electrische dobbelsteen.

De uitlezing
Wat de uitlezing betreft, kunnen verschillende paden gevolgd worden. De

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.65
Hoofdstuk 4/15.6



eerste methode is de klassieke dobbelsteenuitvoering: zeven LED's in de karakteristieke vorm opgesteld, delen door al dan niet op te lichten mee of de speelgodin geluk of ongeluk voor de speler in petto had. Om de in de zesteller opgeslagen BCD-informatie om te vormen in stuursignalen voor de LED's zijn vrij complexe decodeerschakelingen nodig. Het alternatief is afdwalen van het klassieke pad en de uitslag van de dobbelsteenworp onder de vorm van een arabisch cijfer presenteren. Hier doen zich praktische problemen voor.
De bekende zevensegment indicatoren zijn onbruikbaar vanwege hun kleine afmetingen. Is men evenwel bereid een druilerige zondagmiddag op te offeren aan de zelfbouw van een zevensegment grootbeeld display, dan zijn alle problemen uit de weg geruimd en is het resultaat het in eerste instantie weinig indrukwekkend kastje dat in figuur 4/14.75-2 wordt voorgesteld. Onder een plaatje uit plexiglas zit het display verborgen.

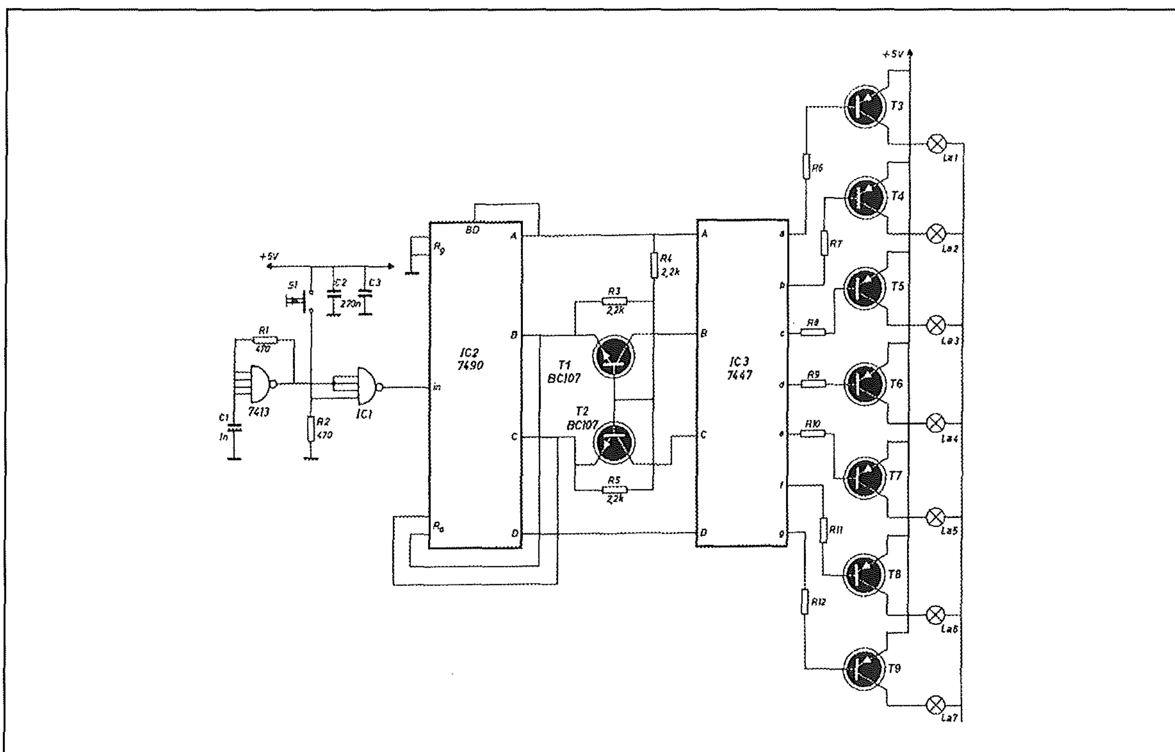


Figuur 4/14.75-2: Deze dobbelsteen zit in een standaard Teko-kastje, waarvan de voorzijde is omgevormd tot een grootbeeld zevensegment display.

Het praktisch schema
In figuur 4/14.75-3 is het elektronisch hart van de dobbelsteen getekend. De snelle oscillator wordt opgebouwd rond een 7413 schmitt-trigger. Met de gekozen waarde voor C1 en R1 ligt de frequentie bij 1,3 MHz. De oscillator is vrijlopend. De tweede poort voert het kanselement in de schakeling in. Weerstand R2 zorgt voor een "L" op de onderste ingang, zodat de poortuitgang "H" is. Als op de drukknop S1 gedrukt wordt, gaat de poort open en de 1,3 MHz pulsen sturen de teller. Het aantal pulsjes dat doorgelaten wordt en dus de uiteindelijke stand van de teller, lijkt afhankelijk te zijn van de tijd, dat men de drukknop ingedrukt houdt. De zeer hoge klokfrequentie en de in vergelijking daarmee zeer trage menselijke vingerbewegingen zorgen evenwel voor een volkomen willekeurige en door het toeval bepaalde tellerstand.
Als teller dient een 7490, die als zesdeler geschakeld is. Bij de zevende teltoestand worden de uitgangen B en C "H". Deze signalen sturen de reset-nul ingangen, zodat de teller gereset wordt.
Daar gekozen is voor een zevensegment uitlezing moet voor de omzetting van de tellerinhoud een 7447 gebruikt worden. Hier komt evenwel een eigenaardigheid van een dobbelsteen voor onaangenaamheden zorgen. De steen heeft als standen de cijfers 1-2-3-4-5-6 en de elektronische 7490-7447 combinatie tovert 0-1-2-3-4-5 op het display!

Code-omzetter
Besluit is dat het cijfer 0 op de een of andere manier in het cijfer 6 moet omgevormd worden. Het eenvoudigst gaat dit door de decoder als het ware te bedriegen.

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen



Figuur 4/14.75-3: Het volledig schema van de dobbelsteen.

Als de tienteller op nul staat (dus "L-L-L-L" aflevert) wordt de 7447 wijsgemaakt dat de telinhoud zes ("L-H-H-L") is. Transistoren T1 en T2 en weerstanden R3-R4-R5 lenen zich voor dit spelletje. In figuur 4/14.75-4 is de codetransformatie in beeld gebracht. In teltoestand 1 zijn alle vier uitgangen van de 7490 "L". Gevolg is, dat de beide transistoren sperren. De ingangen B en C van de 7447 hangen dus in de lucht. Het IC interpreteert dit alles als een "H"-niveau en levert aan de uitgangen signalen, die een cijfer 6 op het display zichtbaar maken.

In toestand 2 wordt uitgang A van de tienteller "H". De beide transistoren T1 en T2 ontvangen basisstroom via R4. De geleidende transistoren verbinden uit- en ingangen van beide IC's met elkaar. Het display wordt "1".

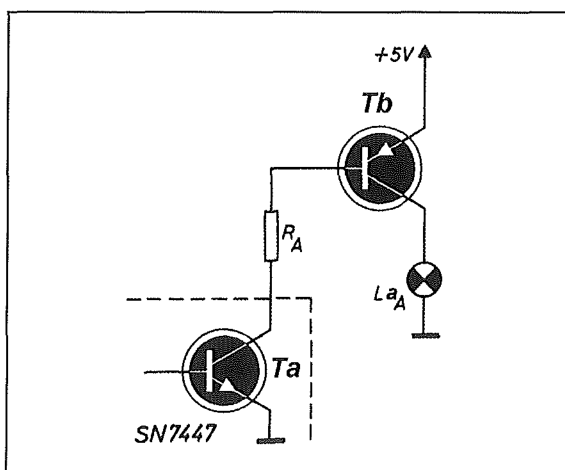
In de overige vier toestanden is steeds één van de uitgangen B en C van de 7490 "H", zodat de transistor, wiens emitterpotentiaal laag is, geleidt.

tel-toestand	uitgangen 7490				ingangen 7447			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0	0	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	0	1	0	0	0
3	0	1	0	0	0	1	0	0
4	1	1	0	0	1	1	0	0
5	0	0	1	0	0	0	1	0
6	1	0	1	0	1	0	1	0
7	0	1	1	0	0	1	1	0

Figuur 4/14.75-4: De code-omzetting toegelicht aan de hand van een waarheidstabel.

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen

Uitgangstrap
De 7447 is helaas niet in staat om rechtstreeks de 100 mA lampjes te sturen. Een transistortrapje wordt tussengeschakeld. De werking van deze trap wordt aan de hand van figuur 4/14.75-5 verduidelijkt. Het decoder-IC heeft een open-collector uitgang. Als een segment moet oplichten, geleidt de transistor Ta. Gevolg is, dat er stroom vloeit door de weerstand Ra. De basis van transistor Tb krijgt sturing, zodat de halfgeleider geleidt. Het lampje wordt met de voeding verbonden. Als Ta spert, kan er geen stroom door de weerstand vloeien, zodat Tb eveneens spert en het lampje dooft.



Figuur 4/14.75-5: Het aansturen van de 100 mA lampjes.

Laatste opmerkingen over het schema
De condensatoren C2 en C3 zorgen voor een effectieve onderdrukking van stoorpulsen, die via de voeding binnenkomen.

De bouw van de dobbelsteen
Bij de mechanische constructie van de dobbelsteen komt nogal wat kijken. Opgemerkt moet worden, dat het geheel is ontworpen voor inbouw in een Teko model P1 kastje. In figuur 4/14.75-6 op de laatste pagina van dit hoofdstuk is het printje getekend. Eén helft bevat de elektronische schakeling. De andere helft dient als masker voor de grootbeeld uitlezing. Zoals uit de foto van figuur 4/14.75-2 blijkt, wordt het metalen dekseltje van het kastje vervangen door dit deel van de print.
De verschillende stappen van de voorbereiding van het solderen worden nu puntsgewijs besproken.
- Het printje wordt doorgezaagd. De zaagsnede moet vallen in het maskergedeelte van de print, zoniet dan wordt de buitenste geleider weggezaagd! Het masker wordt voorlopig terzijde gelegd.
- Van het "elektronische" printje worden de vier hoekjes weggezaagd.
- Het Teko kastje is aan de zijkanten voorzien van 16 printgeleiders. Deze worden met een scherpe beitel afgestoken.
- Indien de afmetingstolerantie van de print wat te groot is, kan het nodig zijn met een stukje schuurpapier de print passend af te slijpen.
- Het printplaatje wordt, met de koperzijde naar boven, op de bodem van het kastje gelegd. Met een 3,5 mm boor worden dan twee gaatjes geboord, waarmee de afgemonteerde print later in het kastje gemonteerd wordt.

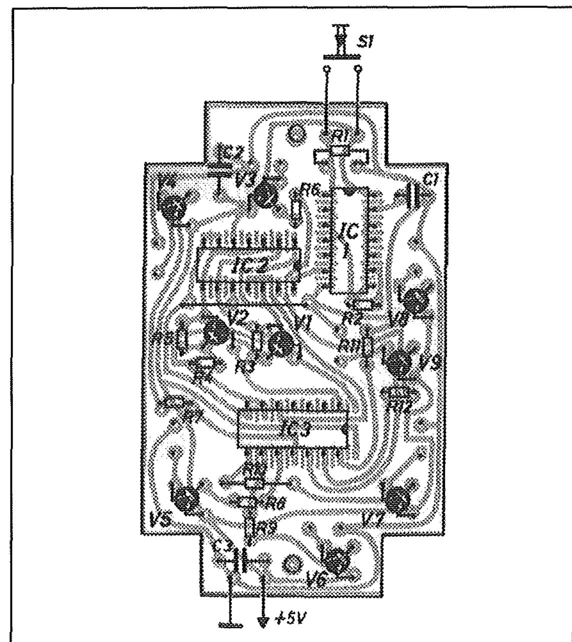
Montage van de print
Vervolgens kan het printje volgens figuur 4/14.75-7 bestukt worden. Opgemerkt moet worden dat de maximale bouwhoogte 10 mm is! IC-voetjes zijn dus uit den boze. Voor de rechtopstaande weerstandjes zijn 1/8 W typen noodzakelijk.

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen

ONDERDELENLIJST

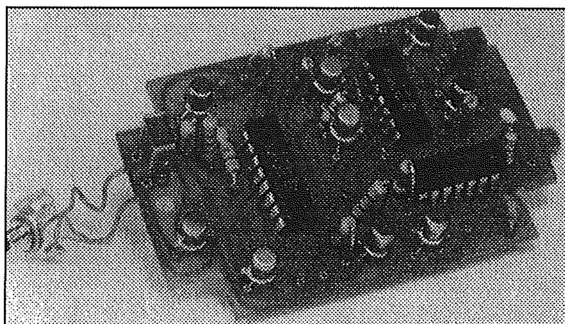
WEERSTANDEN, 1/8 W, 5 %		
R1-R2		470 Ω
R3-R4-R5		2,2 kΩ
R6-R11		820 Ω
CONDENSATOREN		
C1	1 nF	MKH
C2-C3	270 nF	MKH
HALFGELEIDERS		
T1,T2		BC107
T3-T9		BC177
IC1		7413
IC2		7490
IC3		7447
DIVERSEN		
1		miniatuur drukschakelaar
1		2,5 mm oortelefoonplugje plus chassisdeel
1		Teko model P1 kastje
7		miniatuur 6 V - 100 mA lampje
2		10 mm afstandsbusje
2		M3x15 boutje
2		M3 moertje

Het langste beentje moet vlak bij het weerstandslichaam omgebogen worden, zoniet dan worden de bouwverordeningen overschreden! De twee draadbruggetjes spruiten uit hetzelfde gat voort.
Hoewel de elektronische schakeling zeer eenvoudig is, vertoont de koperzijde van de print veel gelijkenis met een luchtfoto van de Randstad: weinig groen en een uitgebreid, dichtopeengepakt wegennet. Solderen met een fijne punt is dan ook een must om draadbruggen te voorkomen.
Na het monteren blijven 14 gaatjes over. Hier vinden later de segment-lampjes onderdak.
De foto van figuur 4/14.75-8 geeft een indruk van de compleet gemonteerde print.



Figuur 4/14.75-7: De componentenopstelling van de print.

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen



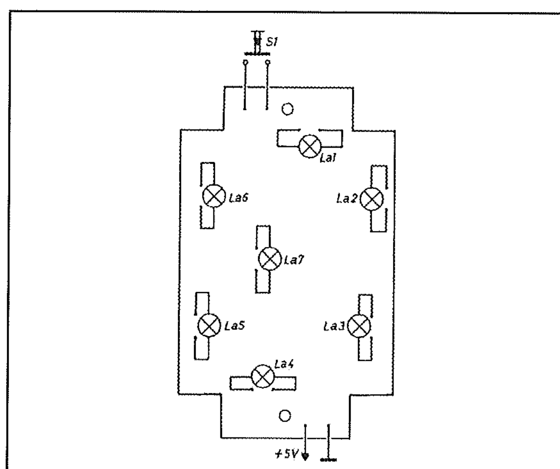
Figuur 4/14.75-8: De compleet gemonteerde print.

De eindmontage

Als indicatie worden zeven miniatuur 6 V, 100 mA gloeilampjes gebruikt. In de vorm waaronder de fabrikant ze aflevert zijn deze echter te groot voor onze toepassingen. Het koperen hulsje met schroefdraad moet worden gesloopt. Dit lijkt moeilijker dan het is. Het blijkt namelijk dat de witte kit, die koper en glas aan elkaar hecht, allergisch is voor soldeerbout hitte. Na ongeveer 30 seconden opwarmen komt het hulsje los zitten en smelt eveneens de soldeer, die de lamp-draadjes met het hulsje verbindt. Met een tangetje kan men dan het glazen lamplichaampje vrijmaken. Na een test, waaruit blijkt dat de lampjes deze mishandelingen hebben overleefd, worden ze volgens figuur 4/14.75-9 op de **koperzijde** van de print gesoldeerd.
Vervolgens worden vier twee cm lange dunne en soepele draadjes op de print gesoldeerd op de koperzijde, voor de aansluitingen van drukknop en 5 V voeding.

Afwerken van de behuizing

Volgende handeling is het boren van twee gaatjes voor deze drukknop en de voedingstoevoer, in de smalle zijde van het kastje. Deze gaatjes zitten 13 mm van de bovenste rand van het kastje (gemeten van het gatmiddelpunt) en 17 mm van de rand. De drukknop is het overbekende miniatuurtype uit het land van de rijzende yen, voor de voeding wordt een 2,5 mm hoofdtelefoonplug gebruikt.
De print wordt met twee 10 mm lange afstandsbusjes en evenveel M3x15 mm boutjes en twee M3 moertjes in het kastje bevestigd. De druktoets en voedingsklem worden vastgeschroefd en met het printje verbonden.



Figuur 4/14.75-9: De plaats van de zeven lampjes op de **koperzijde** van de print.

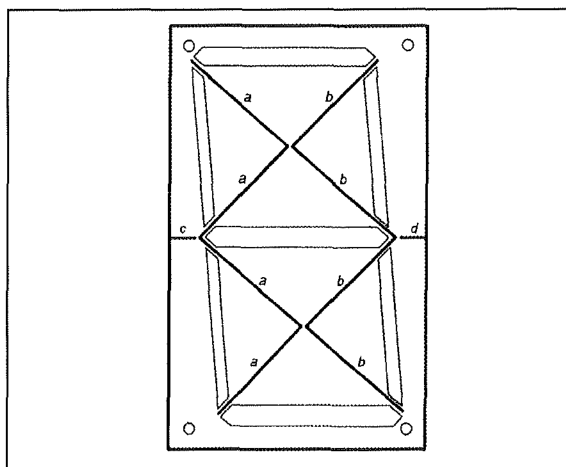
Vervolgens kan het printje worden getest. Duidelijk blijkt, dat het licht van de brandende lampjes door het koper van de print weerkaatst wordt. Dit beïnvloedt de kwaliteit van de uitlezing in negatieve zin. Daarom wordt een zwartgeschilderd kartonnen masker, met uiteraard uitsparingen voor de lampjes, over de print gelegd.

De maskerprint

De maskerprint wordt onder nu handen genomen. Uit een conservenblik wordt een strook van 12 mm breedte gesne-

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen

den. Uit deze strook worden 4 schotjes a-b-c-d vervaardigd, zoals in figuur 4/14.75-10 is getekend. De schotjes a en b worden zig-zag-vormig gebogen. Nadien wordt de hele zaak op de print vastgesoldeerd. Het segmentmaskertje wordt als deksel op het kastje gezet. De dobbelsteen is nu klaar. Ter bevordering van het optisch effect is het zeer gewenst een rood of groen plexiglas filtertje als afdekking over het kastje aan te brengen.

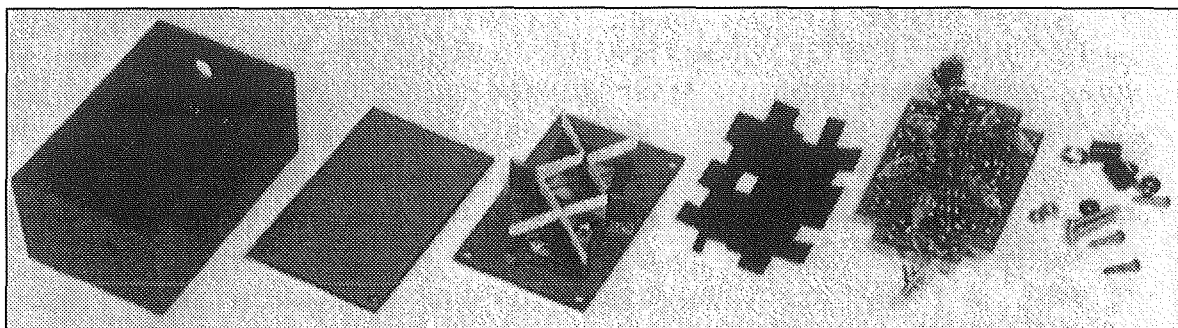


Figuur 8/2.2-10: Op deze manier worden de metalen afschermingsplaatjes op de maskerprint vastgesoldeerd.

De uitlezing krijgt er een zeer mooi uiterlijk door. De combinatie masker-filter kan met vier dunne houtschroefjes op het kastje geschroefd worden.

Tot slot

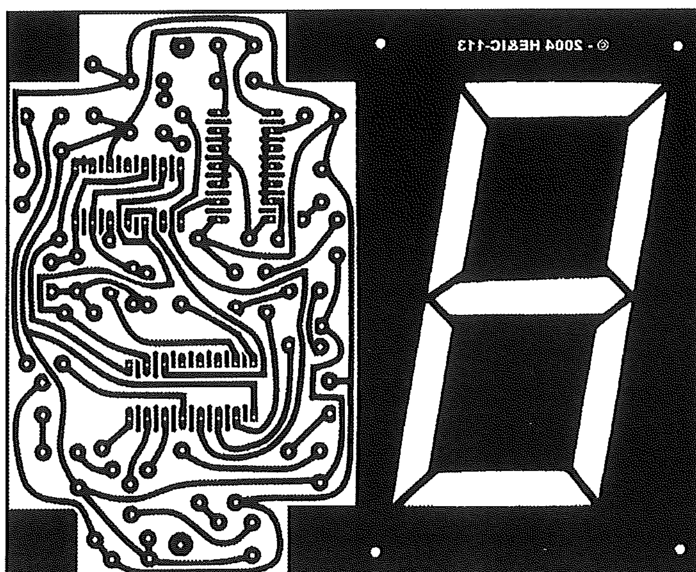
Figuur 4/14.75-11 geeft een impressie van alle beschreven montagestappen en de diverse onderdelen die in het Teko kastje worden gemonteerd.
Het enige nadeel van deze dobbelsteen is dat een aansluiting op een externe **gestabiliseerde** 5 V voeding noodzakelijk is. Van gestabiliseerde 5 V voedingen zijn reeds vele schema's gepubliceerd. Het stroomverbruik is, afhankelijk van het cijfer dat werd "geworpen" maximum 700 mA.
Voor wie de dobbelsteen in een ruimere behuizing wil monteren volgt tenslotte nog een tip. Als men parallel aan weerstand R2 een grote elco schakelt (470 tot 1.000 µF) krijgt het ontwerp er een spanningselement bij. Na het loslaten van de drukknop blijft de dobbelsteen nog ongeveer twee seconden "uitrollen". De door S1 opgeladen elco ontlaadt (langzaam) via R2 en houdt de poortingang dus nog een tijd op logisch "H"-niveau.



Figuur 4/14.75-11: De onderdelen van de dobbelsteen.

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen

14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen



Figuur 4/14.75-6: De print voor de dobbelsteen.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

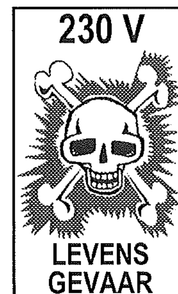
OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

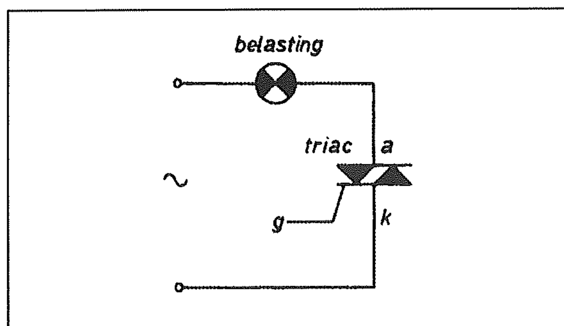
14.75 Een unieke elektronische dobbelsteen

4/14.76

Universele 230 V vermogensregeling



Inleiding
Door gebruik te maken van een triac is een netspanningsregeling voor allerlei soorten belastingen (verlichting, kacheltjes, kleine motoren) vrij eenvoudig te realiseren. Zoals men weet is een triac een elektronische wisselspanningsschakelaar. Sturing gebeurt door een stuurelektrode, gate genoemd, zie figuur 4/14.76-1. De schakelaar gaat open (de triac ontsteekt) als in de gate een stroom van een bepaalde waarde gestuurd wordt. De beste sturing wordt verkregen als de polariteit van de gatespanning ten opzichte van kathode gelijk is aan de polariteit van de anodespanning ten opzichte van hetzelfde referentiepunt.

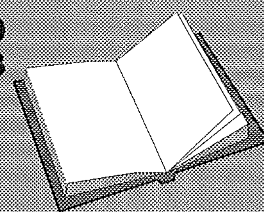


Figuur 4/14.76-1: De basiswerking van een triac.

Als de triac ontstoken is, blijft dit element geleiden, zelfs als men de gatestroom onderbreekt. Enige mogelijkheid om de halfgeleider te doven is de stroom die vloeit tussen anode en kathode onder een bepaalde waarde, de houdstroom, te laten dalen. Dit gebeurt als de netspanning door nul gaat. De stroom door de triac is dan kortstondig nul en de schakelaar sluit.
Een nieuwe gate-stroompuls is nodig, om de halfgeleider opnieuw te ontsteken.

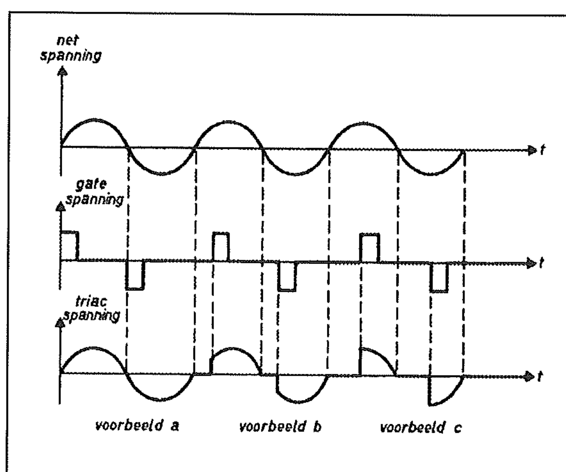
Fase aansnijding
Een continu regeling van de netspanning met behulp van een triac is mogelijk door zogenaamde aansnijding van de golfvorm van de sinusvormige netspanning. Dit wordt in figuur 4/14.76-2 verduidelijkt. In voorbeeld a stuurt men de triac bij het begin van de netspanningsalternanties. De triac geleidt bijgevolg voortdurend en de gehele netspan-

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.14
Hoofdstuk 3/10.8
Hoofdstuk 4/15.8
Hoofdstuk 4/15.10
Hoofdstuk 4/15.23



14.76 Universele 230 V vermogensregeling

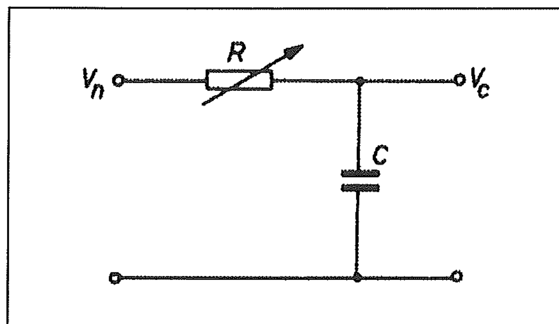
ning staat over de belasting. In voorbeeld b stuurt men de gate slechts bij het naderen van de nuldoorgang van de netspanning. Slechts een klein deel van het totaal beschikbare vermogen wordt aan de belasting geleverd. Samengevat kan men dus stellen, dat een continu regeling van de netspanning van 0% tot 100% mogelijk is, door de gatespanning over 180° te verschuiven.



Figuur 4/14.76-2: Het principe van vermogensregeling met een triac door middel van het aansnijden van de fase.

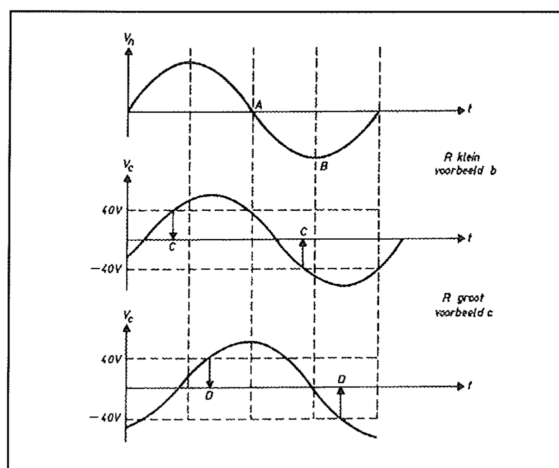
Principe van de faseregeling

Volgende vraag is hoe die verschuiving van de gatespanning zo eenvoudig mogelijk kan worden uitgevoerd. De wisselstroomtheorie komt hier te hulp. Men weet dat een RC-kring, zoals in figuur 4/14.76-3 voorgesteld, een faseverschuiving van maximaal 90° veroorzaakt. Dit is fysisch als volgt te verklaren. Het opladen van een condensator via een weerstand vergt een bepaalde tijd. Als die spanning een gelijkspanning is, gebeurt die lading exponentieel. Na enige tijd is de condensatorspanning gelijk aan de gelijkspanning en is het systeem in rust.



Figuur 4/14.76-3: Een RC-netwerk zorgt voor een spanning, waarvan de naijling op de netspanning regelbaar is.

In het voorbeeld van figuur 4/14.76-3 is de laadspanning evenwel een wisselspanning, die dus sinusvormig van waarde verandert. De condensator C wil zijn spanning wel voortdurend aan de variërende sinus aanpassen, maar de laadweerstand R belet dit.
Gevolg is dat de condensatorspanning voortdurend naijlt op de sinusvormige netspanning. Op tijdstip A in figuur 4/14.76-4 is de netspanning reeds nul, terwijl de condensatorspanning nog positief is.

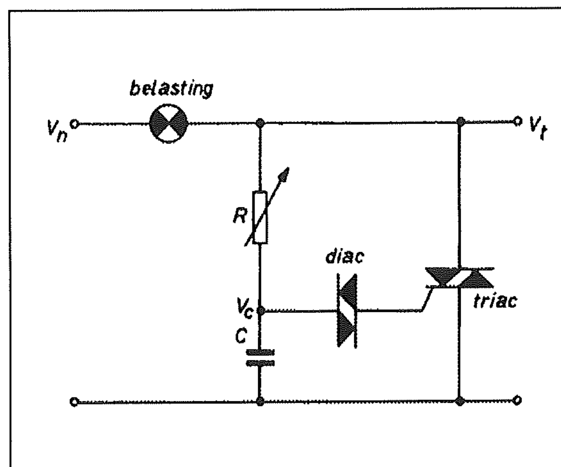


Figuur 4/14.76-4: Grafische verklaring van de naijling van de spanning over de condensator.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

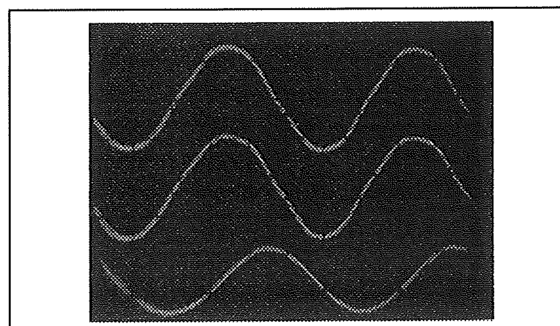
Op punt B is de netspanning maximaal negatief, maar is de condensator nog op weg naar die maximum waarde.
Het is duidelijk dat de grootte van de weerstand bepalend is voor de mate van naijling van de condensatorspanning.
Samenvattend kan men zeggen dat, hoe groter R, hoe langer het duurt voor de condensator een bepaalde spanning, stel 40 V, bereikt heeft. Bij een kleine waarde van R gebeurt dit bijvoorbeeld op tijdstip C, bij een grote waarde op tijdstip D.
Als men dus de gate van de triac stuurt op het moment dat de spanning over de condensator 40 V overschrijdt, kan men door eenvoudige regeling van weerstand R, het tijdstip van ontsteken continu regelen.

Basisschema van een vermogensregeling
Dit leidt naar het eenvoudigste schema van de triacnetspanningsregelaar, getekend in figuur 4/14.76-5. R en C vormen het faseverschuivend netwerk. De condensator stuurt de gate van de triac, met tussenschakeling van een diac. Dit is een soort zenerdiode, maar met zenerwerking in beide richtingen. De diode spert, tot de spanning erover ongeveer 40 V is. Dan slaat de junctie door. Dit geldt zowel voor positieve als voor negatieve spanningen.
Door vergelijking van de figuren 2, 3, 4 en 5 zal de werking van de schakeling duidelijk zijn. Als R groot is, duurt het lang voor V_c de waarde +40 V bereikt heeft, de diac doorslaat en de triac ontsteekt (punten D). Als R klein is, bereikt de condensator snel de waarde van 40 V (punten C), zodat de diac/triac-combinatie veel vroeger doorslaat. Er vloeit meer stroom door de belasting.



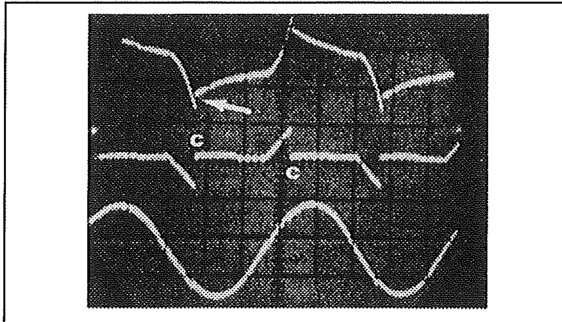
Figuur 4/14.76-5: Het eenvoudigste schema van een triac vermogensregeling.

Het systeem in de praktijk
In de figuren 4/14.76-6, 7 en 8 zijn drie praktijkgevallen gefotografeerd. Op de eerste afbeelding ontsteekt de triac niet. De situaties van de figuren 4/14.76-7 en 8 komen overeen met respectievelijk de voorbeelden b en c van de figuren 4/14.76-2 en 4.

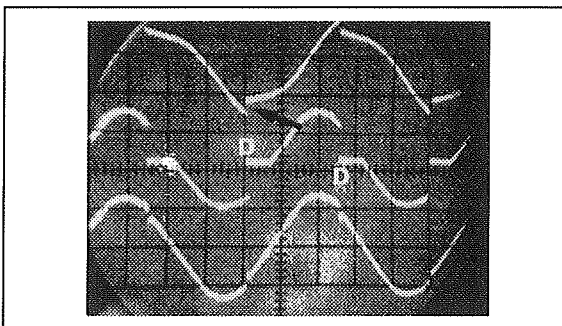


Figuur 4/14.76-6: Van onder naar boven: de condensatorspanning V_c, de triacspanning V_t en de netspanning V_n. Duidelijk is de faseverschuiving tussen V_c en V_n merkbaar. In dit voorbeeld is de weerstand zo groot dat de triac nooit in geleiding komt.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling



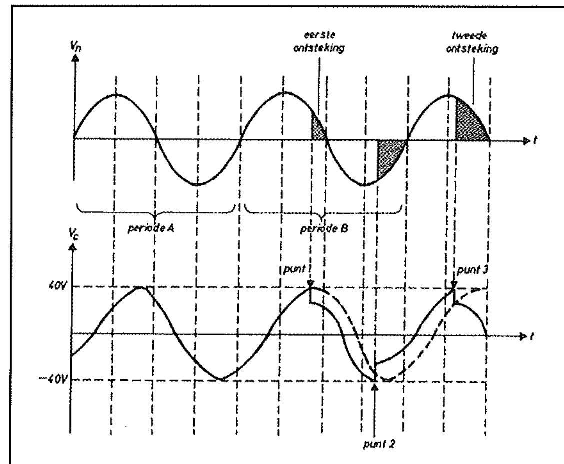
Figuur 4/14.76-7: De triac ontsteekt op punt C.



Figuur 4/14.76-8: De triac ontsteekt nu op punt D.

Het optreden van een hysteresisverschijnsel

Helaas heeft de eenvoudige schakeling van figuur 4/14.76-5 één groot nadeel. Dit wordt verduidelijkt in figuur 4/14.76-9. In periode A is de weerstand zo groot, dat de condensatorspanning net onder de noodzakelijke 40 V blijft. De combinatie diac/triac ontsteekt dus niet. De weerstand wordt vervolgens een fractie kleiner gemaakt, zodat gedurende de volgende periode B de condensatorspanning wél 40 V wordt. De triac ontsteekt (punt 1). In de inleiding is reeds geschreven dat voor het ontsteken van de triac een flinke stroomstoot noodzakelijk is. Deze stroom moet geleverd worden door de condensator C, zodat de spanning over dit onderdeel opeens tot een bepaalde waarde daalt. Deze ontlading kan door de weerstand R niet meer gecompenseerd worden omdat de spanning over de triac, die gebruikt wordt om de condensator te laden, door het geleiden van de halfgeleider nul geworden is. Gevolg is dat de volgende ontsteekpunten vroeger optreden (punten 2 en 3) dan normaal verwacht kan worden.



Figuur 4/14.76-9: De grafische verklaring van het hysteresisverschijnsel.

Het praktische gevolg is echter dat het inregelen van de belasting niet continu gebeurt. Dit is met name hinderlijk als men de schakeling gebruikt voor het besturen van een lamp. Vermindert men de waarde van de potentiometer R, dan ziet men de lamp plotseling zwak oplichten. Vanaf dit inschakelpunt verloopt de regeling wél continu tot 100%. Dit plotseling aanfloepen van de lamp is bekend onder de naam van hysteresisverschijnsel.

Op de figuren 4/14.76-7 en 8 is de plotselinge spanningssprong over de condensator aangeduid met een pijl.

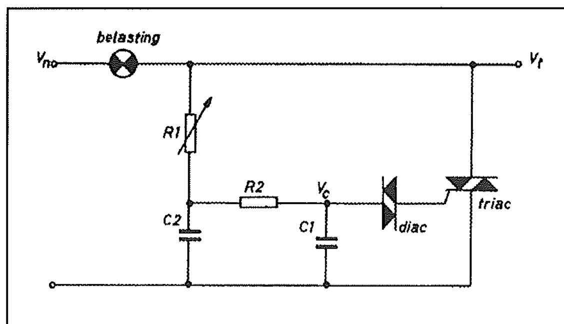
Men kan zich afvragen hoe het komt, dat de condensator niet helemaal ontladen wordt door de diac/triac. Als de door de condensator geleverde stroom onder een bepaalde waarde daalt, zal de diac

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

sperren. Het verder ontladen en opnieuw laden van de condensator gebeurt dan verder via de weerstand.

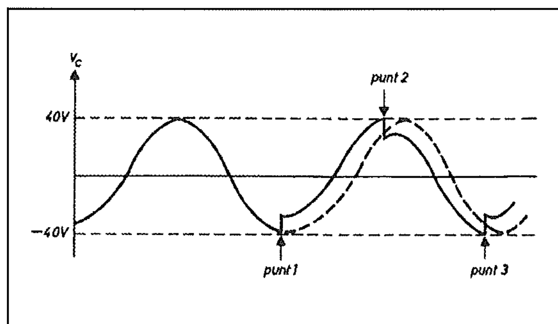
Verhelpen van de hysteresis

Een aanzienlijk betere regeling wordt verkregen met de schakeling van figuur 4/14.76-10. Hier zijn twee RC-netwerken tussen netspanning en diac geschakeld. R1 en C2 vormen het reeds bekende faseverschuivend netwerk. Weerstand R2 heeft een relatief lage waarde. Zolang de ontsteekspanning van de diac niet is bereikt, zijn beide condensatorspanningen aan elkaar gelijk. Wordt R1 zo geregeld, dat ontsteking optreedt, dan zal de spanning over C1 snel dalen door het leveren van stroom aan de triac. Zodra deze stroom kleiner wordt dan de houdstroom van de diac, spert deze laatste. De spanning over C2 wordt nu echter snel op de oorspronkelijke waarde hersteld uit de reservoircondensator C2.



Figuur 4/14.76-10: Met deze extra onderdelen kan men het hysteresisverschijnsel onderdrukken.

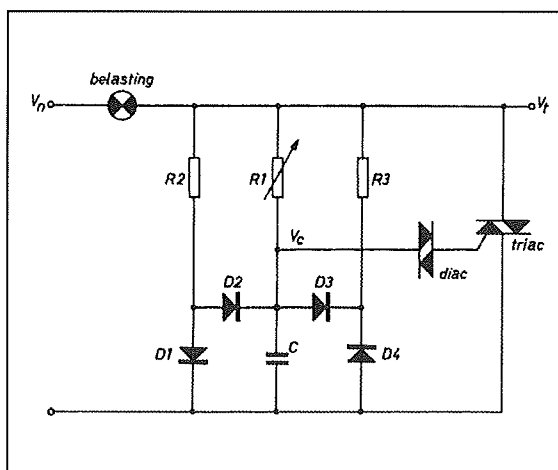
Uit figuur 4/14.76-11 volgt dat door deze methode de praktische ontsteekpunten veel dichter bij de theoretische liggen dan in het geval van figuur 4/14.76-9. De hysteresis is bijgevolg evenredig kleiner en het inschakelen van de lamp verloopt vloeiender.



Figuur 4/14.76-11: De spanning over condensator C1 in het schema van figuur 10.

Verdere vervolmaking van de schakeling

Met de schakeling van figuur 4/14.76-12 kan het hysteresisverschijnsel volledig geëlimineerd worden. R1 en C vormen wederom de fasedraaiende kring. De werking wordt besproken aan de hand van de grafieken van figuur 4/14.76-13.

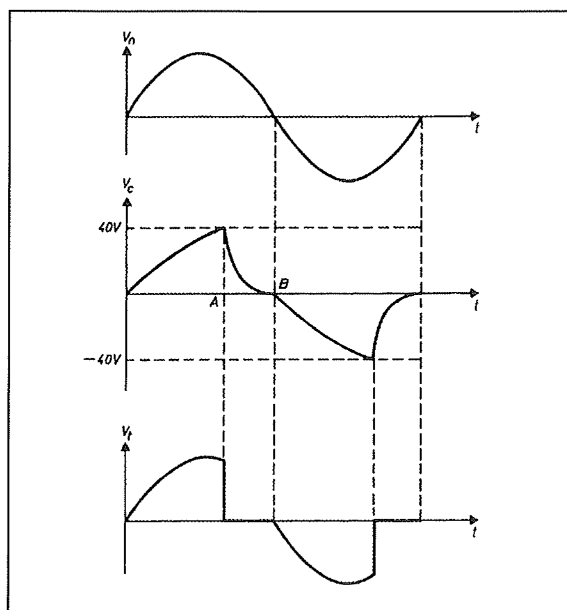


Figuur 4/14.76-12: Het optimale schema van een vermogensregeling met fase aansnij besturing.

Vooropgesteld wordt dat de weerstanden R2 en R3 zo klein zijn als maar mogelijk is. De uitleg start bij de aanvang van de positieve alternantie van de netspanning. De spanning V_c over de con-

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

densator wordt nul verondersteld. Deze condensator kan niet anders dan via over R1 opladen.



Figuur 4/14.76-13: De schakeling van figuur 4/14.76-12 grafisch toegelicht.

Inderdaad zorgt D1 ervoor, dat de stroom door R2 naar massa afvloeit. D2 spert bijgevolg. Door R3 vloeit geen stroom, daar de dioden D3 en D4 sperren. Op tijdstip A overschrijdt spanning V_c de 40 V ontsteekspanning van de diac. Het reeds beschreven proces ontwikkelt zich. Een forse stroomstoot ontlaadt C en ontsteekt de triac. Door de spanningsdaling over de condensator spert vervolgens de diac. Ondertussen is echter spanning V_t nul geworden, daar de triac geleidt. De condensator C gaat zich nu snel ontladen over de kleine weerstand R3, via diode D3. Als men weerstand R3 klein genoeg kiest, zal de condensator volledig ontladen zijn, vooraleer de netspanning op tijdstip B van polariteit wisselt.

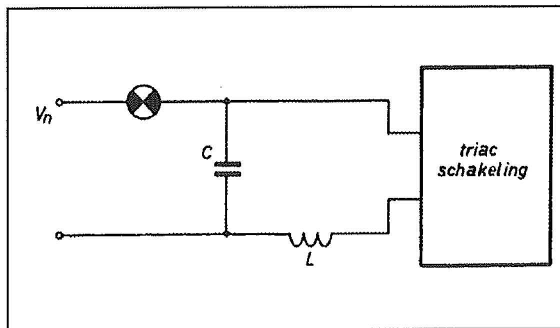
Het hele proces herhaalt zich voor de negatieve alternantie. Duidelijk is, dat nu geen sprake kan zijn van een hysteresisverschijnsel, daar het opladen van C via R1 steeds vanuit het zelfde referentiepunt (volledig ontladen condensator) plaats vindt.
Met deze schakeling is dus een probleemloze regeling van 0% tot 100% mogelijk.

Praktische problemen
Helaas stuit het op praktische bezwaren R2 en R3 zeer klein te kiezen. Gedurende de positieve alternantie geleidt D1 zodat R2 de volledige netspanning te verwerken krijgt. Hetzelfde geldt voor R3 tijdens de negatieve alternantie. Als de weerstanden klein gekozen worden, neemt de dissipatie in die onderdelen ontoelaatbare waarden aan. Zeer corpulente weerstanden zijn dan nodig om de ontstane warmte af te leiden. Een compromis bestaat erin praktisch nog verwerkbare weerstanden te gebruiken en een zekere mate van hysteresis op de koop toe te nemen. Zolang die hysteresis valt in dat gebied van de spanningsregeling, waar de spanning te klein is om de lamp te laten oplichten, is dit verschijnsel niet hinderlijk.

Het ontstoren van vermogensregelingen
Het regelen van een vermogen door variabele aansnijding van de netspanning heeft als nadeel dat de stroom door de belasting sprongsgewijze varieert. Nu gaan plotselinge stroom- en spanningsvariaties steeds gepaard met het opwekken van een heleboel hogere harmonischen. Daar de triac een snelle schakelaar is, zodat de stroom door de belasting in slechts enkele µs opgebouwd wordt, zullen deze harmonischen tot het mid-

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

dengolfgebied van de radio reiken. Deze hoge frequenties storen de radio-ontvangst op ernstige wijze.
Om te voorkomen dat deze stoorspanningen tot de netleiding doordringen, is het noodzakelijk een laagdoorlaat filter tussen net- en triacschakeling op te nemen, zie figuur 4/14.76-14.

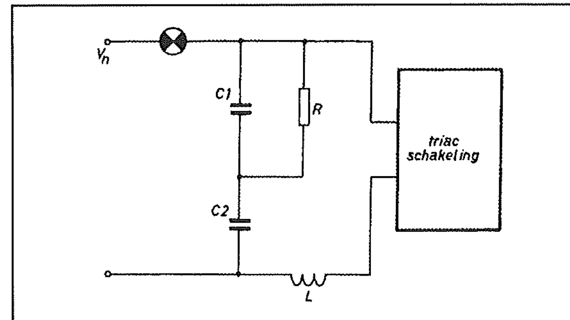


Figuur 4/14.76-14: Een effectieve onderdrukking van hogere harmonische stoorsignalen.

Voor de harmonischen, ontstaan in de regelschakeling, vormt de spoel L een zeer hoge impedantie en de condensator C een zeer lage. Gevolg is dat slechts een verwaarloosbaar deel van de HF-spanningen het net kan verontreinigen.

Oscillatiegevaar

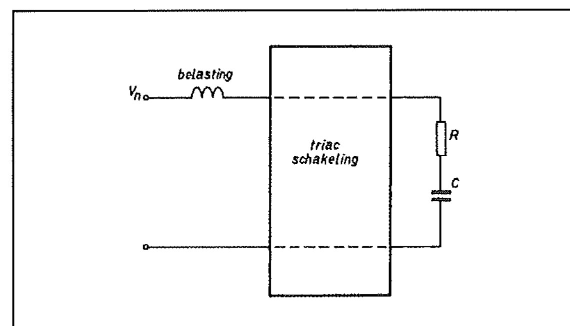
Vervelende consequentie van dit netwerk is echter, dat de LC-combinatie bij een bepaalde frequentie in resonantie komt. Hierdoor kunnen zeer hoge spanningen in de schakeling optreden die in het ergste geval vernieling van de halfgeleiders tot gevolg hebben.
Om dit te voorkomen, volstaat het de kwaliteitsfactor van de kring drastisch te beperken. Dit is bijvoorbeeld met de schakeling van figuur 4/14.76-15 mogelijk. De weerstand over een deel van de capaciteit dempt de kring, zodat de kwaliteitsfactor daalt.



Figuur 4/14.76-15: Door het verminderen van de kwaliteitsfactor van het LC-netwerk worden oscillaties voorkomen.

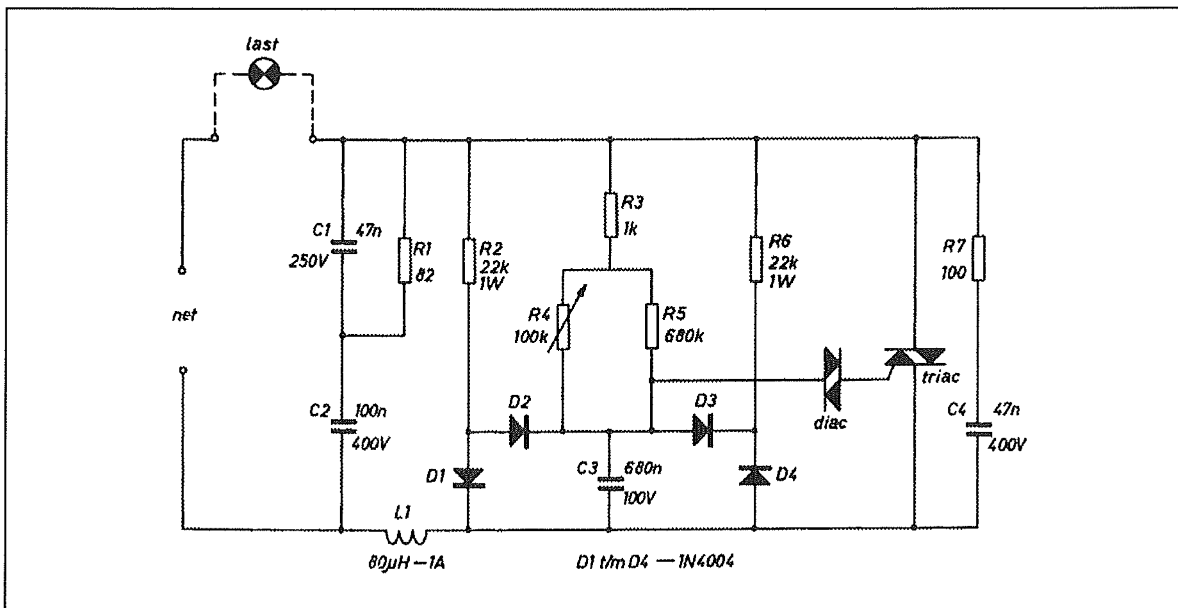
Het sturen van inductieve belastingen

Een volgend probleem ontstaat, als niet een gloeilamp, maar een motor met de schakeling geregeld wordt. Een motor is uiteraard een inductieve belasting. Nu weet men uit de wet van Lenz, dat zo'n belasting zich verzet tegen plotselinge stroomveranderingen door het opwekken van inductieve spanningen.
Bij de triacschakeling is de stroom iedere halve periode een bepaalde tijd nul. De hoge inductiespanningen die als protest hiertegen over de motor ontstaan, kunnen een spontane ontsteking van de triac tot gevolg hebben.



Figuur 8/2.2-16: Een RC-dempingskring onderdrukt inductieve tegenspanningen die door de spoelen van een motor worden opgewekt.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling



Figuur 4/14.76-17: Het optimaal ontworpen schema van een netspanningsregeling.

Uiteraard komt hierdoor het gehele regelsysteem in gevaar. Remedie tegen deze plaag is een RC-dempingskring over de triac, zoals in figuur 4/14.76-16 getekend.

Het praktische schema van de netspanningsregelaar

Nu kan het volledige schema samengesteld worden. Combinatie van de figuren 4/14.76-12, 15 en 16 leidt naar het uiteindelijke schema van figuur 4/14.76-17.

- Potentiometer R4 vormt met condensator C3 het basis verschuivend netwerk.
- Weerstand R3 begrenst de stroom door de diac/triac-combinatie als de potentiometer open staat.
- R5 zorgt ervoor, dat het regelbereik gelijkmatig over de volle schuiflengte van de potentiometer wordt uitgesmeerd.
- Door voor R2 en R6 een waarde van 22 kΩ te kiezen, moet men een kleine, hoewel niet zichtbare hysteresis voor lief nemen, maar kunnen nog 1 W weerstanden toegepast worden.
- De combinatie R1-C1-C2-L1 vormt het ontstoorfilter. Met de gebruikte 1 A spoel kunnen vermogens tot 250 W geregeld worden.
- Het netwerk R7-C4 handhaaft de orde bij inductieve belastingen.

De bouw van de schakeling

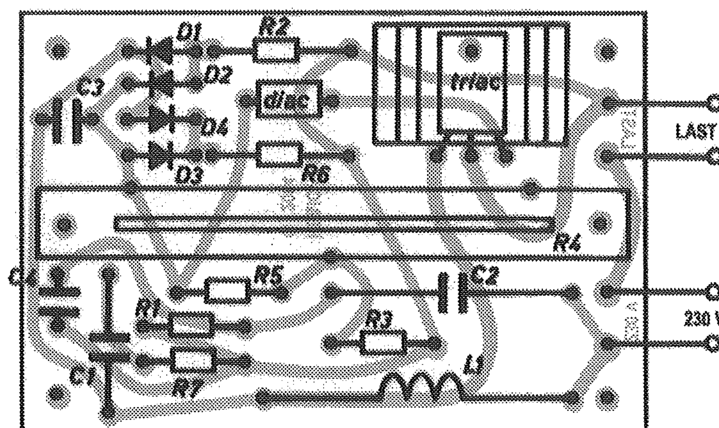
In figuur 4/14.76-18 op de laatste pagina van dit hoofdstuk is de print voorgesteld. De componenten- opstelling volgt uit figuur 4/14.76-19.

Door gebruik te maken van een schuifpotentiometer, die op de print gemonteerd wordt, is tegemoet gekomen aan de op dit gebied heersende modetrend. Om het heel erg mooi te maken is de triac gemonteerd op een SK09 koellichaam. Noodzakelijk is dit niet, de dissipatie in de halfgeleider is zo klein, dat een klein omgezet aluminium plaatje in principe ook volstaat.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

ONDERDELENLIJST

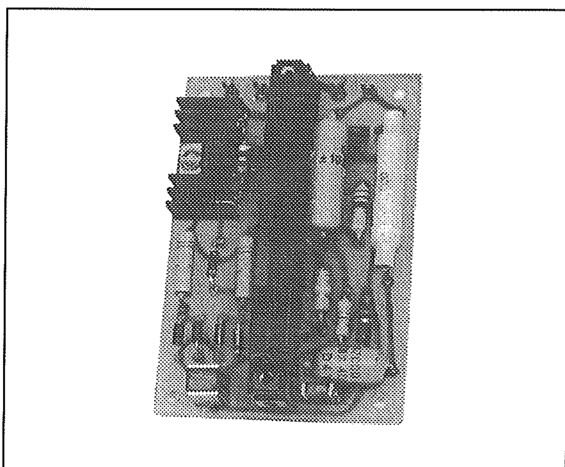
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	82 Ω	
R3	1 kΩ	
R5	580 kΩ	
R7	100 Ω	
WEERSTANDEN, 1 W, 5 %		
R2,R6	22 kΩ	
SCHUIFPOTENTIOMETER, LIN, MONO		
R4	100 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	47 nF	250 V MKH
C2	100 nF	400 V polyester
C3	680 nF	250 V MKH
C4	47 nF	400 V polyester
HALFGELEIDERS		
D1,D2,D3,D4	1N4148	
DIAC	bijvoorbeeld ER900	
TRIAC	400 V, 3 A	
DIVERSEN		
L1	80 µH, 1 A ontstoorspoel	
1	koelprofiel SK09, 18 mm	
4	afstandsbusje, kunststof, 20 mm	
4	M3x30 boutje	
4	M3 moertje	



Figuur 4/14.76-19: De componentenopstelling van de print.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

Over de montage van de onderdelen op het printje geeft de foto van figuur 4/14.76-20 alle nodige informatie.
Inbouw in een TEKO model 3B kastje is mogelijk. Het printje kan met 4 schroefjes en 20 mm lange afstandsbusjes onder de frontplaat gemonteerd worden, nadat eerst met een figuurzaag een gleuf van 4 mm x 65 mm voor de potentiometer gezaagd is. De aansluitingen worden door een gat, voorzien van een rubber doorvoertule in de achterzijde van het kastje, naar buiten gevoerd.

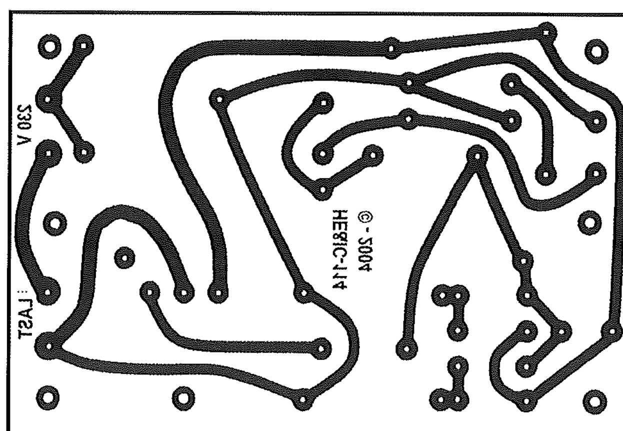


Figuur 4/14.76-20: Het prototype van de universele vermogensregeling.

Belangrijke opmerking

Alle onderdelen van deze schakeling zijn via zeer lage impedanties met de netspanning verbonden. Deze schakeling is dus, bij onoordeelkundig gebruik, LEVENSGEVAARLIJK! Werk steeds met een scheidingstrafo als u met de schakeling wilt experimenteren.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling



Figuur 4/14.76-18: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

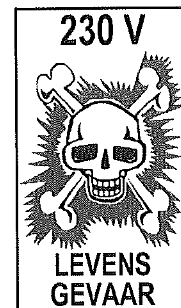
OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.76 Universele 230 V vermogensregeling

4/14.79

Luxueuze trappenhuis automaat



De schakeling

Inleiding

Met een trappenhuis automaat kunt u de verlichting in trappenhuizen en gangen optimaliseren. De meeste automaten werken met drukknoppen die u op iedere etage of naast iedere deur kunt monteren. Eerste druk op de knop: verlichting gaat aan, tweede druk op de knop: verlichting gaat uit. Daarbij maakt het niets uit op welke knop u drukt. Alle drukknoppen staan immers parallel geschakeld en de schakeling "weet" of het de bedoeling is het licht aan dan wel uit te schakelen. Ideaal is deze oplossing niet, want het vereist toch een bepaalde discipline om het licht uit te schakelen als het niet noodzakelijk is dat het brandt. Zeker in huizen met veel huurders ontstaat snel de mentaliteit van "laat maar branden". Er zijn systemen in de handel die automatisch werken. Als u op een van de drukknoppen drukt, dan gaat de verlichting een bepaalde, instelbare tijd aan en daarna automatisch uit. Dat spaart op jaarbasis een heleboel energie, maar ideaal is dit systeem alweer niet. Als u bijvoorbeeld het trappenhuis wilt stofzuigen, dan is het nogal vervelend dat het licht om de dertig seconden uitgaat en u iedere keer op een knopje moet drukken.

Een luxe systeem

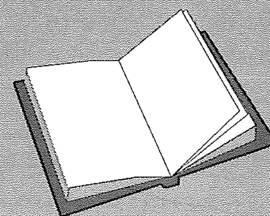
De in dit hoofdstuk beschreven trappenhuis automaat heeft dit nadeel niet. Door het drukken op de drukknoppen kunt u drie acties aan de schakeling doorgeven.

- Kort drukken
  De verlichting gaat aan en blijft een instelbare tijd branden. Nadien gaat het licht automatisch uit.
- Langer dan twee seconden drukken
  De verlichting gaat aan en blijft aan.
- Weer even kort drukken
  De verlichting gaat uit.

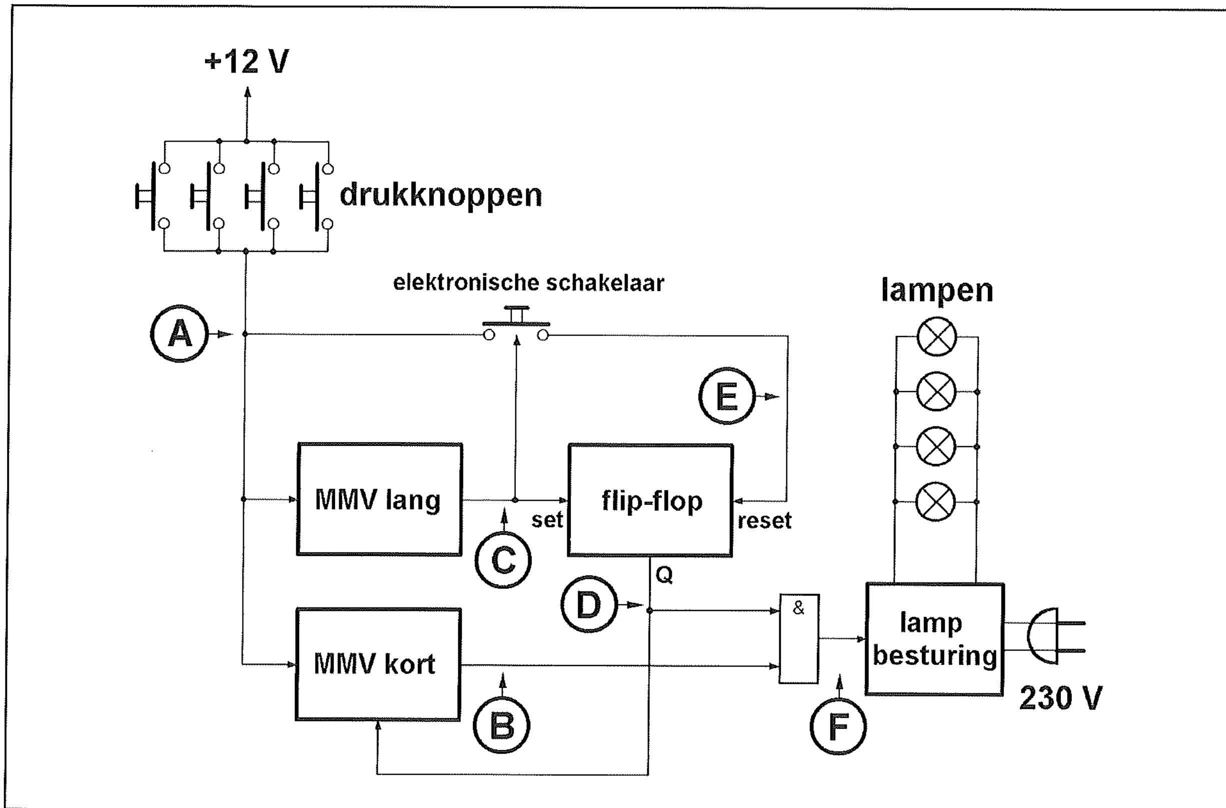
Het zal duidelijk zijn dat het doorgeven van drie gewenste acties via enkelpolige drukknoppen wel wat extra elektronica kost, maar dat handjevol extra onderdelen is zonder meer de moeite van de investering waard.

LEES OOK:

Geen verwijzingen



14.79 Luxueuze trappenhuis automaat



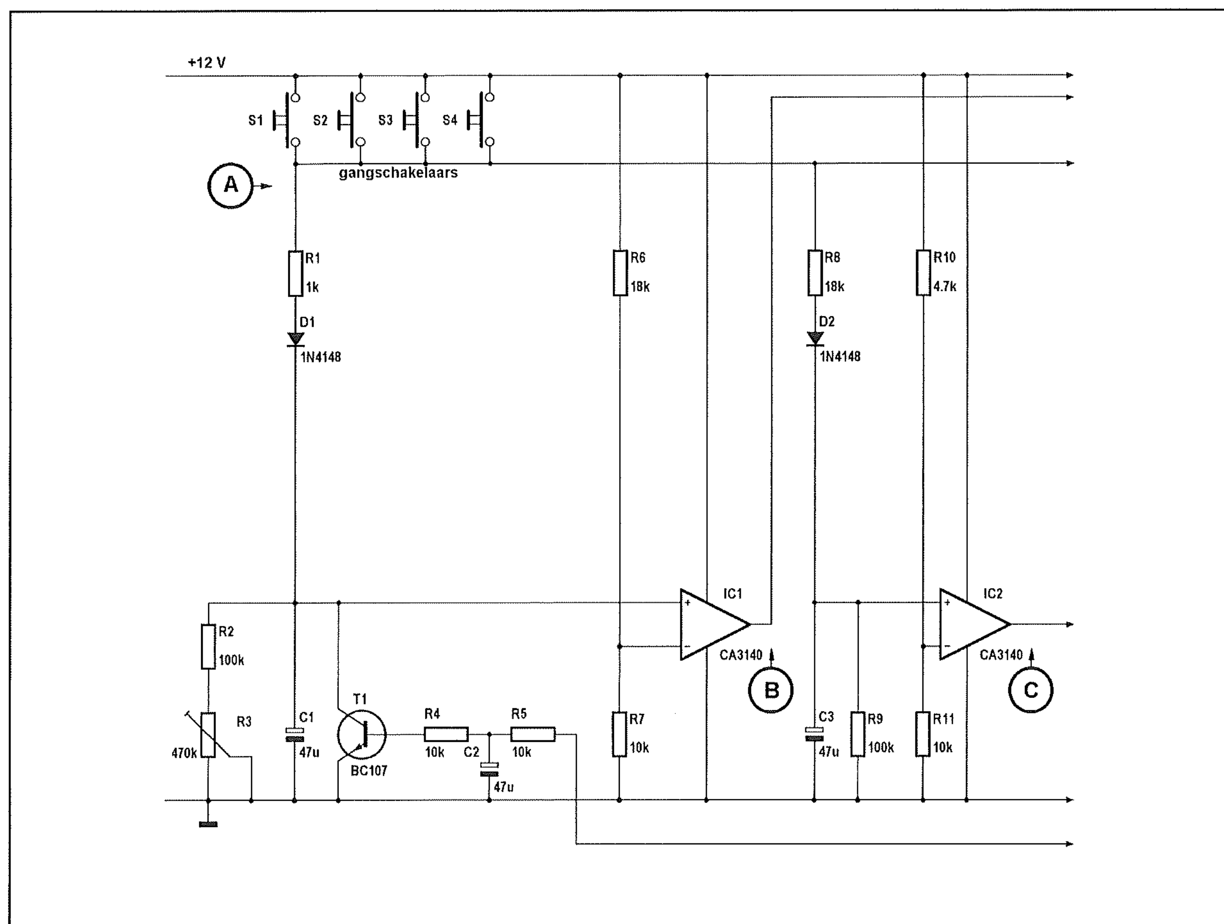
Figuur 4/14.79-1: Het blokschema van de schakeling.

Het blokschema

Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 4/14.79-1. U herkent links boven de drukknoppen. Deze staan parallel en worden gevoed met +12 V gelijkspanning. De bedrading in de gang of het trappenhuis kan dus met een twee-aderig snoertje worden aangelegd. Als u op een van de drukknoppen drukt wordt punt A verbonden met de +12 V. Dit signaal stuurt twee monostabiele multivibratoren. De onderste "MMV kort", geeft een puls B af onmiddellijk na het indrukken van een knop. De breedte van deze puls kunt u instellen tussen 5 en 30 seconden. Deze puls B stuurt via een poort de lampbesturing F. De lampen in uw gang gaan dus 5 tot 30 seconden branden. Dit is de werking van de schakeling als u kort op een knop drukt.

Het langer dan twee seconden drukken wordt gedetecteerd door de tweede monostabiele multivibrator "MMV lang". Deze levert alleen een puls af als een van de drukknoppen langer dan twee seconden wordt beroerd. De uitgang C van deze schakeling wordt dan "H" en dit signaal set een flip-flop. De uitgang D van deze schakeling wordt "H" en stuurt via de reeds genoemde poort de lampen. Ook na het wegvallen van het signaal C blijft de flip-flop uiteraard geset, de lampen blijven branden.
Als u nadien even kort op een van de drukknoppen drukt, wordt signaal A weer "H". Via een elektronische schakelaar reset dit signaal de flip-flop. Signaal D wordt weer laag, de lampbesturing F valt weg en de lampen doven. Signaal B zou echter ook "H" worden.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat



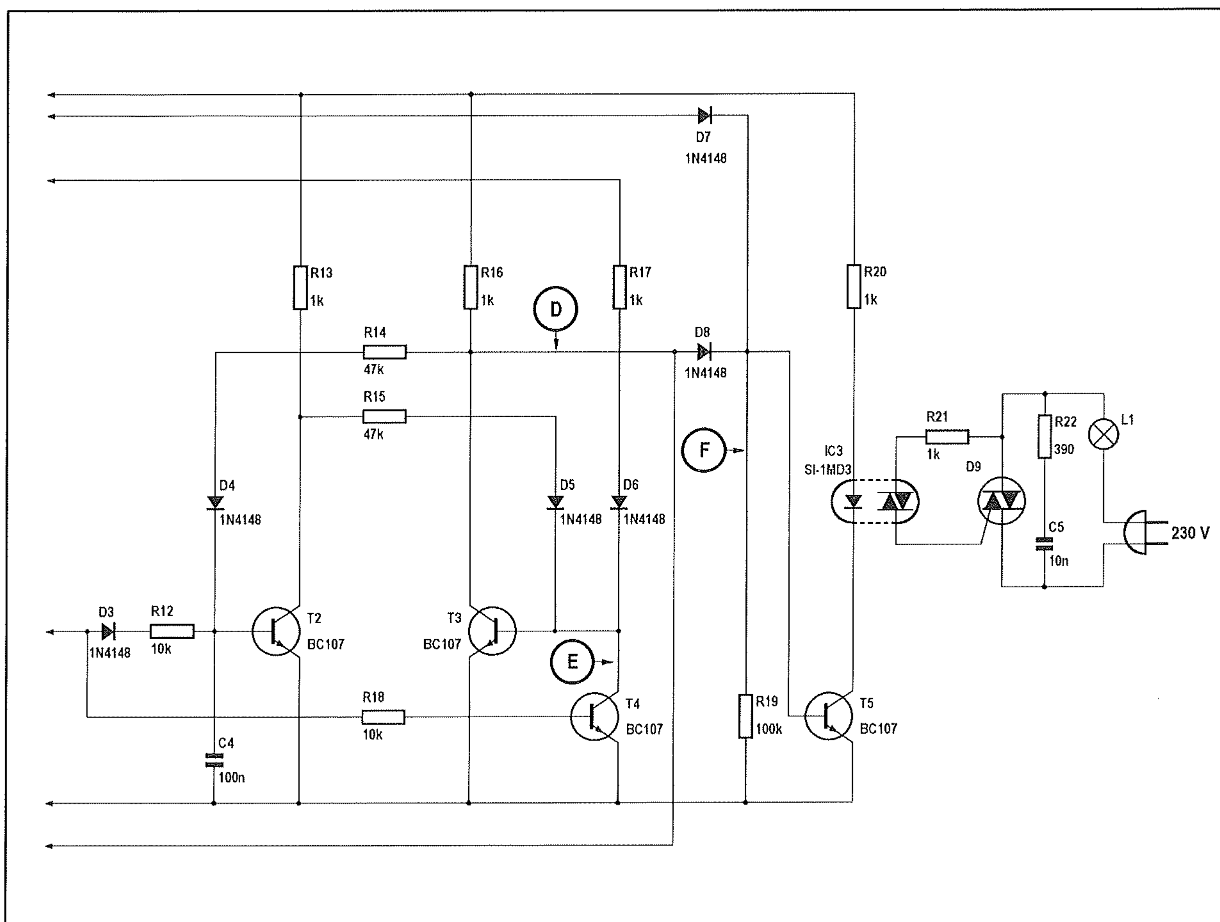
Figuur 4/14.79-2: Het volledig schema, deel 1.

Om te verhinderen dat de lampen blijven branden, wordt de "MVV kort" door signaal D uitgeschakeld.

Het schema

Het volledig schema van de schakeling is getekend in de figuren figuur 4/14.79-2 en -3.
De drukknoppen S1 tot en met S4 stellen de schakelaars in de gang of het trappenhuis voor. Het blok "MMV kort" wordt ingevuld door de schakeling rond transistor T1 en op-amp IC1. Het blok "MMV lang" vindt u terug rond op-amp IC2.
De flip-flop is op een zeer traditionele manier uitgevoerd met twee transistoren T2 en T3. Deze zorgen met hun wederzijdse terugkoppeling van collector naar basis (R14 en R15) voor de flip-flop werking. Noteer de aanwezigheid van condensator C4 die er voor zorgt dat transistor T2 iets minder snel in geleiding kan komen dan transistor T3. Het gevolg is dat de uitgang D van de flip-flop bij het inschakelen van de voeding gegarandeerd naar "L" gaat, zodat de lampen niet branden.
De in het blokschema aangegeven poort is uitgevoerd als diode-matrix met de dioden D7 en D8.
Het blok "lamp besturing" bestaat uit de transistor T5, de optische koppelaar IC3 met infrarode LED en foto-triac en de schakeling rond de triac D9.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat



Figuur 4/14.79-3: Het volledig schema, deel 2.

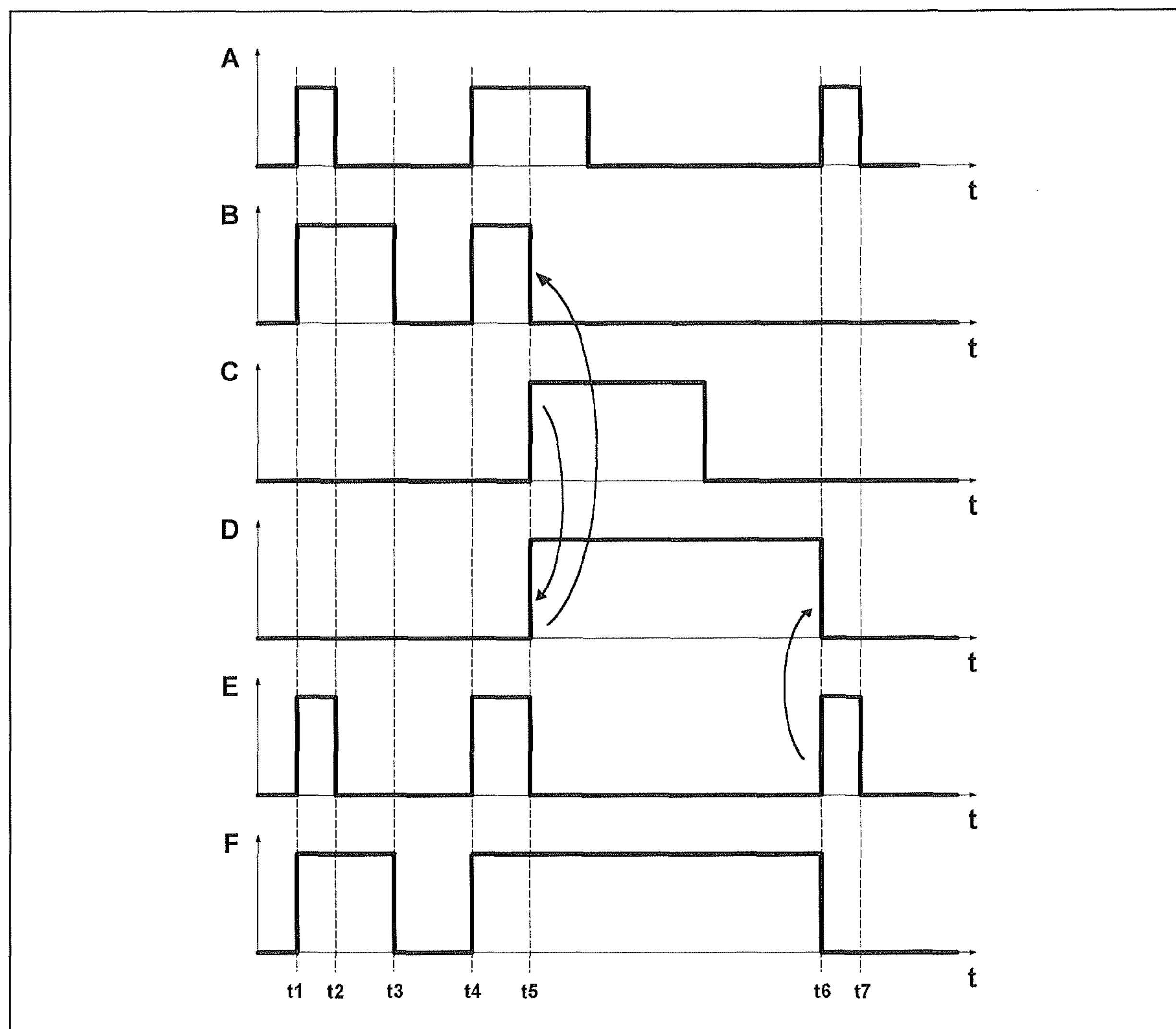
De werking van de schakeling wordt besproken aan de hand van het timingdiagram van figuur 4/14.79-4.

Even op de drukknoppen drukken

Als we een van deze schakelaars even indrukken (tijdstip t1), dan komt de lijn A op +12 V te staan. Via weerstand R1 en diode D1 wordt de condensator C1 opgeladen. De weerstand is vrij laag, zodat de spanning over de condensator snel tot +12 V stijgt. Het proces kunt u volgen in figuur 4/14.79-5. Deze spanning wordt aangeboden aan de niet-inverterende ingang van de op-amp IC1. De inverterende ingang is via de spanningsdeler R6-R7 ingesteld op een spanning van ongeveer +4 V. Het gevolg is dat de spanning over de condensator vrijwel onmiddellijk na het indrukken van de schakelaar groter wordt dan deze drempel. De uitgangsspanning van de op-amp, punt B, wordt dus vrijwel onmiddellijk na het drukken op een van de schakelaars "H".

Deze hoge spanning stuurt via de diode D7 de transistor T5 in geleiding. De infrarode LED in de optische koppelaar IC3 gaat branden, de fotogevoelige triac gaat geleiden. Deze stuurt via weerstand R21 stroom in de gate van de triac D9. Dit onderdeel ontsteekt, de ganglampen L1 gaan branden. R22 en C5 vormen een "snubber" over de triac.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat



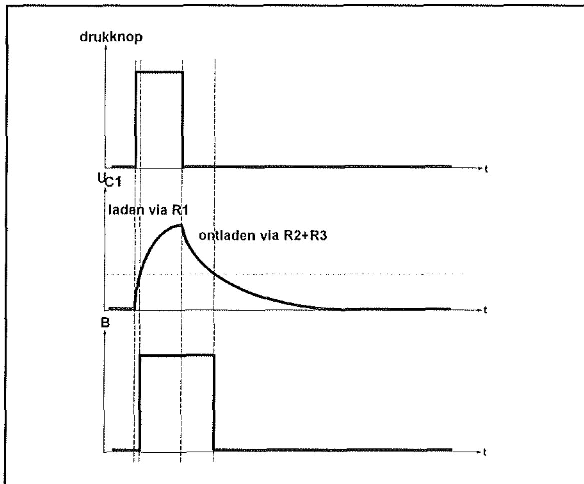
Figuur 4/14.79-4: Het timingdiagram van de schakeling.

Na het loslaten van de drukknop gaat spanning over de condensator C1 langzaam afvloeien via de grote weerstanden R2 en R3. Met de instelpotentiometer R3 kunt u de tijd instellen dat de lampen branden. Met de getekende waarden loopt het instelbereik van 5 s tot 20 s. Als de spanning over de condensator kleiner wordt dan ongeveer 4 V wordt de spanning op de niet-inverterende ingang van IC1 kleiner dan de spanning op de inverterende ingang. De uitgang B van de op-amp gaat weer naar nul (tijdstip t3). De besturing van transistor T5 valt weg, de triac D9 gaat naar sper en de lampen doven na de door u met R3 ingestelde tijd.

Langer dan 2 seconden drukken

Als u langer dan twee seconden op een van de drukknoppen drukt (tijdstip t4) gaat natuurlijk eerst punt B op de reeds beschreven manier naar "H". De lampen gaan dus weer branden. Via weerstand R8 en diode D2 wordt condensator C3 opgeladen.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat



Figuur 4/14.79-5: De werking van de "MMV kort".

De weerstand R8 is tien keer groter dan de weerstand R1, dus het opladen van deze condensator gaat een stuk trager. Na iets meer dan twee seconden is de spanning over de condensator gestegen tot 6 V (tijdstip t5). Dat is de spanning die via de weerstandsdeler R10-R11 aan de inverterende ingang van op-amp IC2 word aangelegd. De uitgang C van dit onderdeel gaat van "L" naar "H".
Er gebeuren nu verschillende dingen.
Op de eerste plaats set de hoge C de flip-flop via de diode D3 en de weerstand R12. Transistor T2 wordt in geleiding gestuurd. De collectorspanning wordt nul. De basissturing van transistor T3 valt weg en deze halfgeleider gaat sperren. De collectorspanning (punt D) wordt "H". Via de weerstand R14 wordt deze spanning teruggekoppeld naar de basis van T2. Deze transistor gaat geleiden, de flip-flop staat in zijn stabiele gesette toestand. De uitgang D van de flip-flop wordt dus "H". Dit hoog signaal stuurt via de diode D8 transistor T5 in geleiding. De besturing van de lampen wordt nu overgenomen door de flip-flop. De hoge D wordt via weerstand R5 teruggekoppeld naar de "MMV kort". De condensator C2 laadt snel op, via weerstand R4 wordt transistor T1 in geleiding gestuurd. Deze ontlaadt condensator T1, met als gevolg dat de spanning op punt B naar nul gaat.
De beschreven situatie is stabiel, de lampen blijven dus branden.

Weer even kort drukken

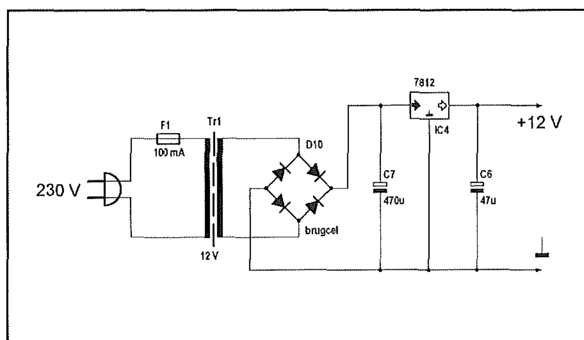
Nu willen we de lampen doven en drukken dus even op een van de drukknoppen (tijdstip t6). Spanning A wordt weer "H" en stuurt via de weerstand R17 en de diode D6 een stroom in de basis van T3 (spanning E). Deze halfgeleider gaat sperren, uitgang D van de flip-flop gaat naar "L". Door de terugkoppelingen via de weerstanden R14 en R15 zal de flip-flop omklappen en in deze stabiele situatie blijven staan.
Het hoog worden van A heeft tot gevolg dat er een stroom door de weerstand R1 en de diode D1 naar de condensator C1 gaat vloeien. Deze condensator is echter nog steeds overbrugd door de geleidende transistor T1. Het stuursignaal D van deze transistor valt weliswaar weg, maar in de condensator C2 zit nog voldoende lading om transistor T1 even in geleiding te houden.
Het gevolg is dat het drukken op een van de knoppen nu niet tot gevolg heeft dat de spanning B "H" wordt. De lampen worden dus niet gestuurd door dit signaal, maar doven onmiddellijk na het indrukken van een knop.

Besluit

Hiermee is de werking van de schakeling in grote lijnen beschreven. Rest nog de functie van transistor T4. Deze wordt in geleiding gestuurd door signaal C en zorgt ervoor dat signaal E naar de massa

wordt kortgesloten op het moment dat signaal C de flip-flop moet setten (tijdstip t5). Het signaal A zou namelijk zonder deze voorziening de flip-flop onmiddellijk weer resetten, waardoor de lampen niet zouden gaan branden.

De voeding
De voeding voor de schakeling, voorgesteld in figuur 4/14.79-6, is klassiek van opbouw. Uit een 12 V trafootje wordt met een bruggelijkrichter, twee afvlakcondensatoren en een 7812 stabilisator een gestabiliseerde spanning van 12 V afgeleid. Op de print is plaats voor een 1 A trafo. De schakeling trekt zélf maar een fractie van deze stroom. Het stroomoverschot wordt gebruikt voor het intern verlichten van de drukknoppen, zie verder.



Figuur 4/14.79-6: De klassieke voeding.

De bouw van de schakeling
Voor deze trappenhuis automaat is een print ontworpen, zie figuur 4/14.79-7 op de laatste pagina van dit hoofdstuk, waar alle onderdelen op passen. De componentenopstelling is voorgesteld in figuur 4/14.79-8. De bouw zal voor u, als ervaren elektronicus, geen enkel probleem opleveren. Let echter wél even op de drie draadbruggetjes! De diode D9 en de stabilisator IC4 worden op U-vormige koelprofieltjes bevestigd en dan op de print gesoldeerd. De aansluitingen voor de lampen, de netspanning en de drukschakelaars zijn niet uitgevoerd met printsoldeerlipjes, maar met printkroonsteentjes. Dat is veel handiger. Als u de print in een kastje heeft gemonteerd en het op bedraden aankomt hoeft u dan geen soldeerbout in de buurt te hebben. De aansluiting "SWITCH" voor de drukschakelaars heeft drie polen. Op de derde pool (de linker) staat de +12 V. Die hebben wij uitgevoerd voor het geval u de drukschakelaars intern wilt verlichten.
De foto van figuur 4/14.79-9 geeft een impressie van de compleet gemonteerde print.

Belangrijke opmerking
Sommige onderdelen op de print zijn rechtstreeks of via een kleine impedantie met de fase van de netspanning verbonden. Aanraken van deze onderdelen (de koelplaat van diode D9) kan dus levensgevaarlijk zijn! Gebruik steeds een scheidingstrafo als u de print onder spanning zet voor test of experiment.

Verlichte drukknoppen

Inleiding
In trappenhuizen kan het helledonker zijn. Verlichte drukknoppen zijn dus geen overbodige luxe. Diverse fabrikanten brengen dergelijke schakelaars op de markt, maar de prijzen zijn nogal aan de hoge kant. Met een beetje handigheid en gepriegel kunt u echter op een goedkope manier een bevredigend alternatief knutselen. De door ons toegepaste inbouw drukschakelaars, zie figuur 4/14.79-10, hebben in het midden een klein gaatje, dat u voorzichtig kunt uitboren.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R13,R16,R17,R20,R21	1 kΩ
R2,R9,R19	100 kΩ
R4,R5,R7,R11,R12,R18	10 kΩ
R6,R8	18 kΩ
R10	4,7 kΩ
R14,R15	47 kΩ
R22	390 Ω

INSTELPOTENTIOMETER 10 X 5 mm, STAAND

R3	470 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C2,C3,C6	47 µF	16 V printelco
C4	100 nF	MKH
C5	10 nF	450 V polyester
C7	470 µF	25 V printelco

HALFGELEIDERS

D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8	1N4148
D9	triac, 400 V 6 A
D10	bruggelijkrichter, 40 V, 1 A
T1,T2,T3,T4,T5	BC107
IC1,IC2	CA3140, mini-DIL
IC3	opto-coupler SI-1MD3
IC4	7812

DIVERSEN

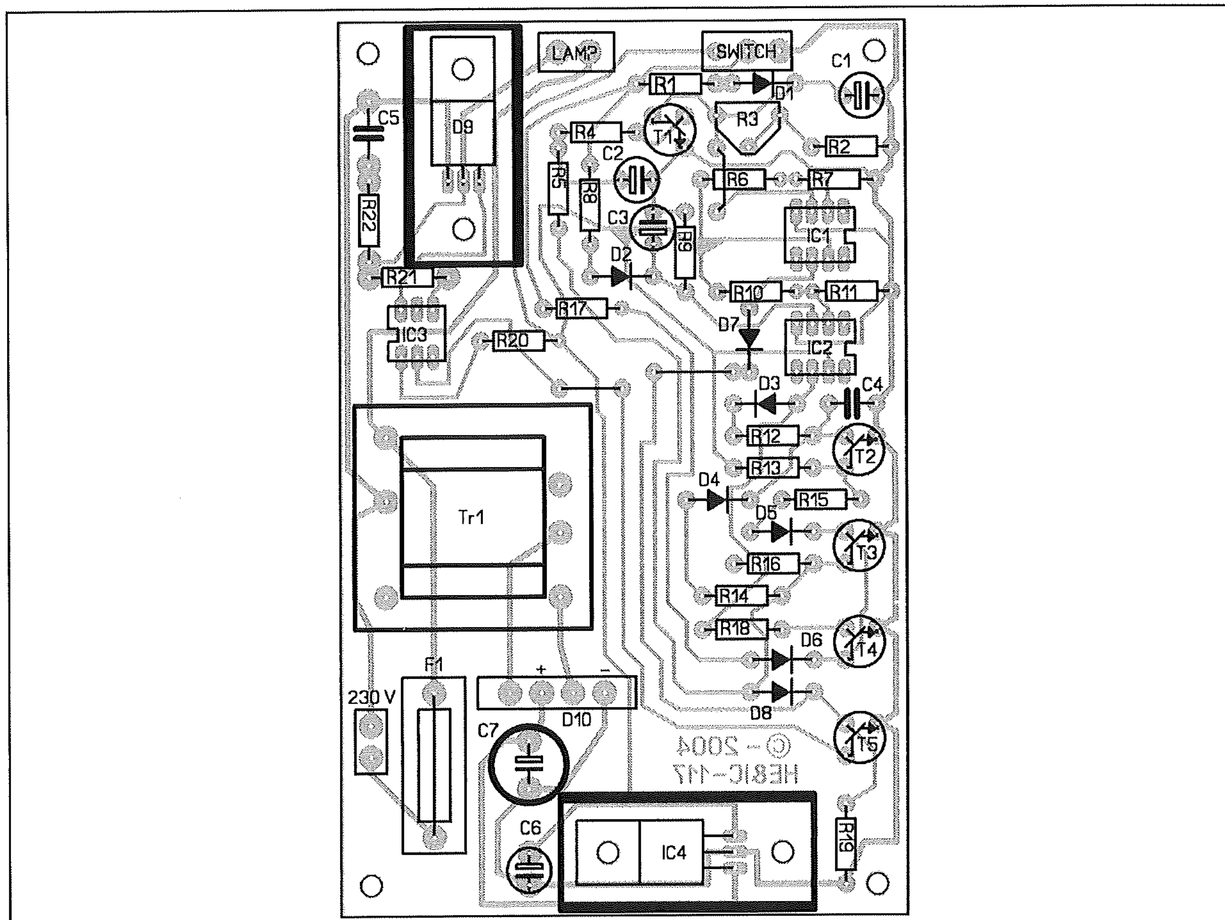
1	trafo 12 V, 1 A
1	printzekeringhouder
1	zekering 100 mA
2	tweepolige printkroonsteentje
1	driepolig printkroonsteentje
2	U-vormig koelprofiel

In diverse elektronica detailzaken, bijvoorbeeld Conrad, kunt u subminiatuur gloeilampjes kopen met een brandspanning van 12 V. Het is nu de bedoeling dat u het centrale gat uitboort tot een dergelijk lampje er precies in past.

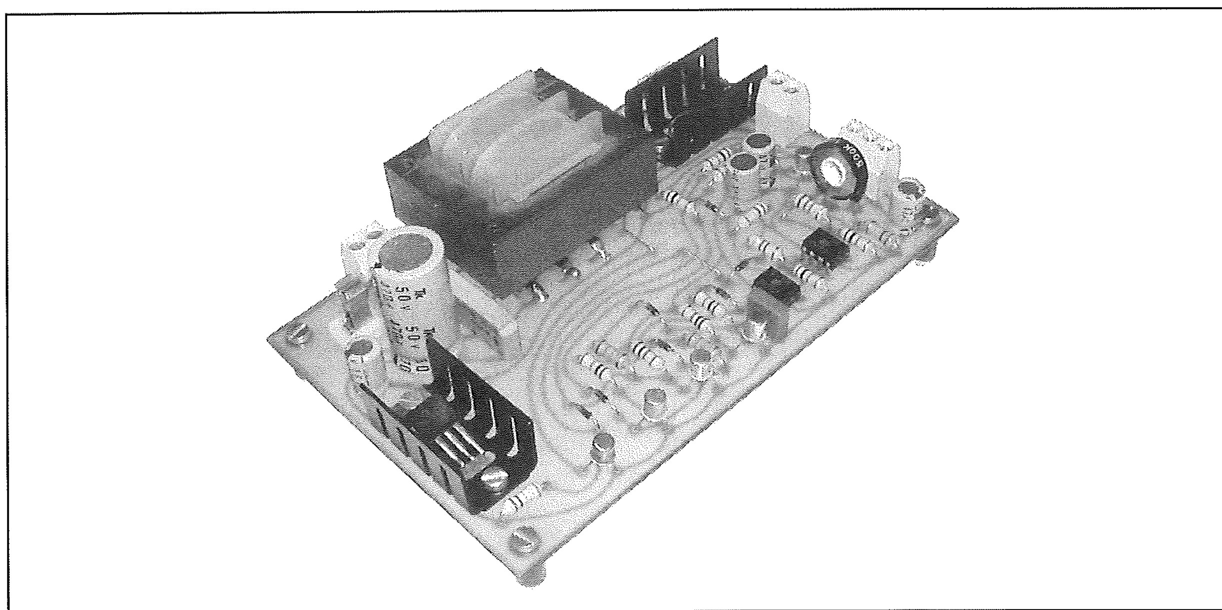
Montage van de lampjes

De lampjes die wij bedoelen hebben geen fitting, maar twee dunne draadjes. Die kunt u niet zomaar in de schakelaar monteren en aansluiten. Vandaar dat wij een klein printje hebben bedacht, zie figuur 4/14.79-11, dat alleen maar het lampje en de aansluitingen bevat en dat u met goede montagekit op de achterzijde van de schakelaar kunt plakken. De twee aansluitdraadjes van het lampje worden eerst geïsoleerd, bijvoorbeeld met kleine stukjes isolatie van soepele montagedraad.
Het ontwerpje van dit printje is voorgesteld in figuur 4/14.79-12, op de laatste pagina van dit hoofdstuk.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat

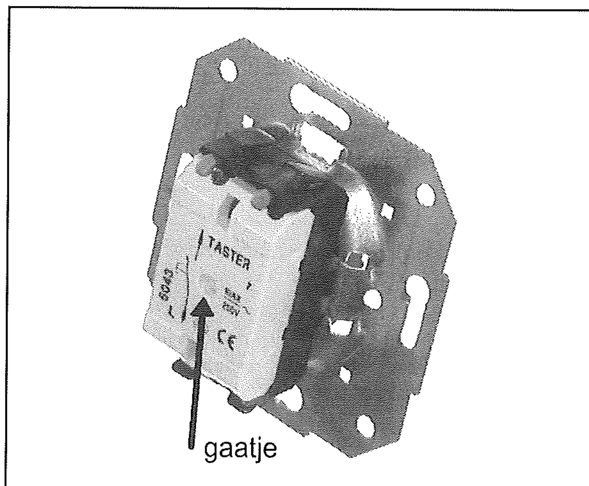


Figuur 4/14.79-8: Componentenopstelling van de print.

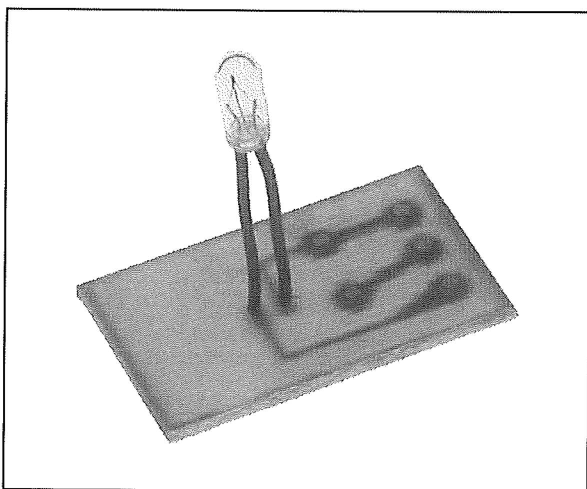


Figuur 4/14.79-9: De compleet gemonteerde print.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat

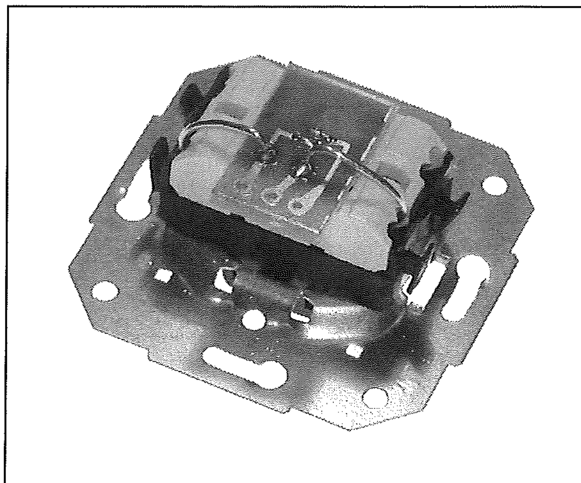


Figuur 4/14.79-10: Bij dit soort inbouw drukschakelaars kunt u een klein centraal gaatje uitboren en er nadien een miniatuur gloeilampje in monteren.



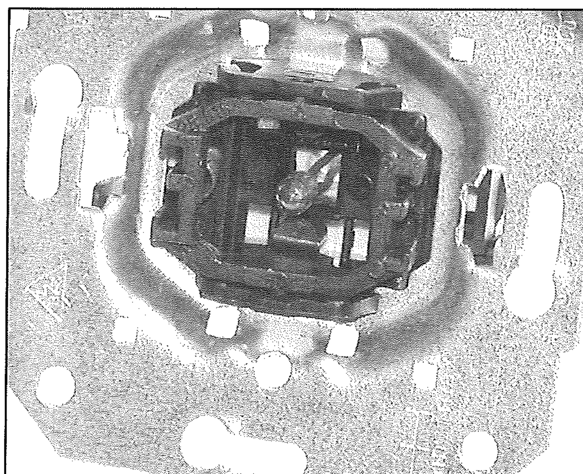
Figuur 4/14.79-11: Op deze manier kunt u de kleine lampjes via een hulpprintje op de achterplaat van de schakelaar monteren en aansluiten.

Nadat u de printjes op de achterzijde van de schakelaar heeft gelijmd kunt u de twee contacten van de drukknop op het printje aansluiten, zie figuur 4/14.79-13. Gebruik hiervoor twee stevige eindjes montagedraad.



Figuur 4/14.79-13: De twee contacten van de schakelaar worden met het printje verbonden.

Het lampje zit nu in de schakelaar en belicht de kunststof schakelaarknop, zie figuur 4/14.79-14. Als u witte knoppen koopt worden deze door de lampjes met een geel schijnsel verlicht. Niet storend, maar in het duister zijn de schakelaars goed te zien.

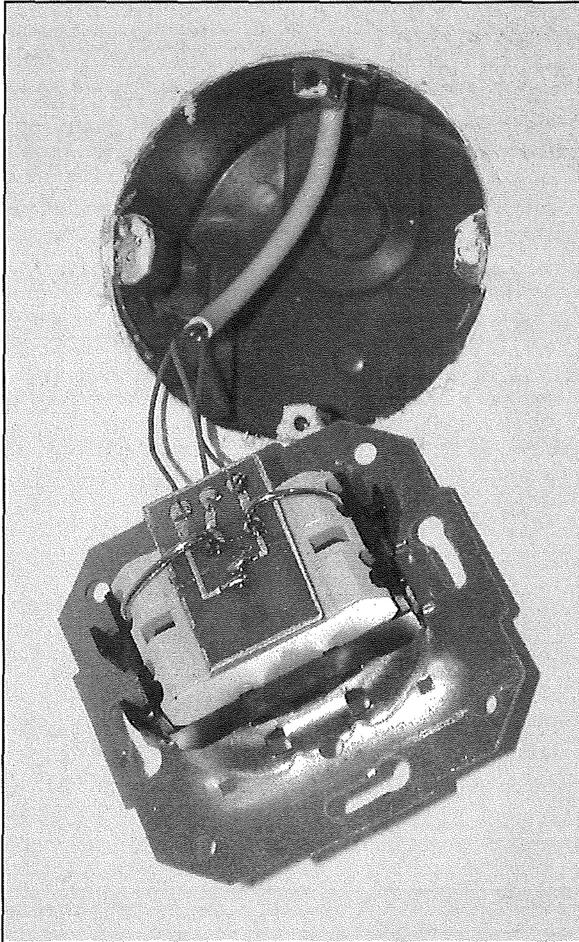


Figuur 4/14.79-14: De positie van het lampje in de schakelaar.

Aansluiten van de schakelaar
De bedrading tussen de print en de schakelaars wordt uitgevoerd met drie-aderi-

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat

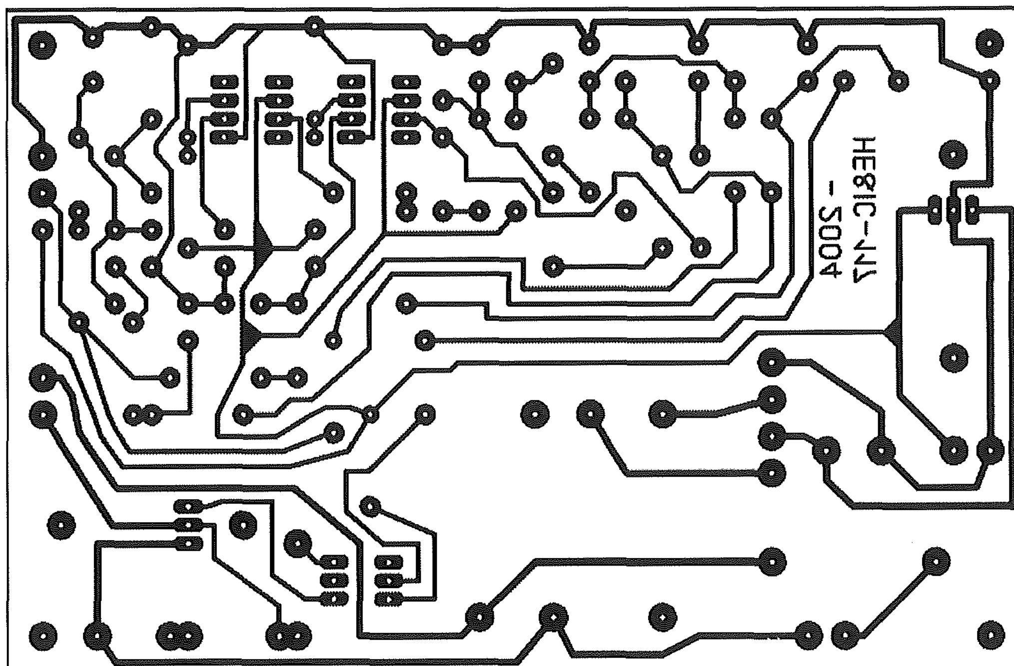
ge kabel. De drie adertjes van de kabel worden volgens figuur 4/14.79-15 op het printje gesoldeerd.



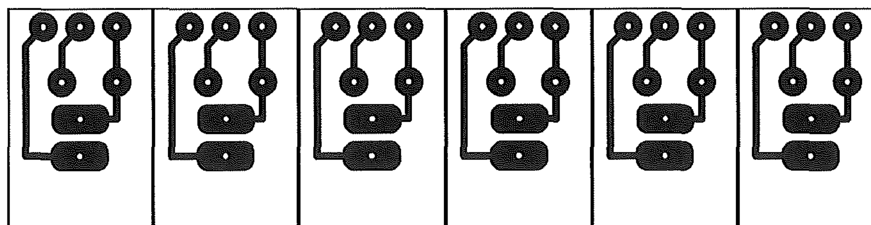
Figuur 4/14.79-15: Het aansluiten van schakelaar plus lampje op de print met een drie-aderig kabeltje.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat



Figuur 4/14.79-7: De print van de trappenhuis automaat.



Figuur 4/14.79-12: Zes printjes voor de montage van lampjes in de schakelaars.

14.79 Luxueuze trappenhuis automaat

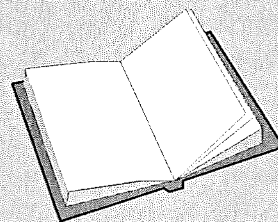
4/14.80

De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp

Inleiding
Zonnecel gevoede tuinlampen zijn dit jaar hét "hot item" van de consumentenelektronica. In iedere catalogus van doe-het-zelf markt en tuincentrum treft u ze aan. Vaak, zoals alles waar elektronica inzit, tegen ongelooflijk lage prijzen.
Tóch is een zonnecel gevoede tuinlamp een ideaal ontwerp voor de doe-het-zelver. Niet om geld te besparen, want tegen de Chinese massaproductie kan zelfs de zuinigste hobbyist niet op. In het zélf ontwerpen van zo'n tuinlamp kunt u echter al uw vaardigheden uitleven. De elektronica is vrij simpel, maar bij het ontwerpen en in elkaar zetten van uw allereigenste tuinlamp kunt u uw fantasie de vrije loop laten. In feite zijn de enige beperkingen uw materiaalkennis en uw vaardigheid om met deze materialen om te gaan.

De "Walnoot"
Om uw fantasie te prikkelen presenteren wij u in dit hoofdstuk een exclusief ontwerp. De "Walnoot", zie figuur 4/14.80-1, werd ontworpen door vormgeefster Marie-José de Grave uit Maastricht als inzending voor een door de Hema uitgeschreven ontwerpwedstrijd. De elektronica werd ingebouwd door het Vego-lab uit Landgraaf. De "Walnoot" is in meerdere opzichten een uniek ontwerp. De behuizing lijkt op een grote walnoot en wordt gemaakt van twee dunne platen transparante kunststof, die onder invloed van druk en temperatuur in de juiste vorm worden geperst. De twee halve noten zijn voorzien van flenzen, die precies op maat worden geslepen. Tussen deze twee flenzen bevindt zich een even grote aluminium montageplaat, waarop de elektronica wordt gemonteerd. De twee halve noten zijn met kleine popnageltjes op de aluminium plaat bevestigd. De walnoot rust met de flenzen op een ijzeren frame, dat uit 1 cm dik betonijzer in elkaar werd gelast. De poot van dit frame werd ingegoten in een betonnen voet, zodat de "Walnoot" stabiel staat en niet omwaait bij ieder zuchtje wind.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.4
Hoofdstuk 4/15.11
Hoofdstuk 8/2.2



14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp



Figuur 4/14.80-1: De "Walnoot", een unieke zonnecel gevoede tuinlamp naar een ontwerp van Marie-José de Grave.

In de ene halve noot zit een zonnepaneel dat het ontwerp van energie voorziet. In de andere halve noot is een zuinig kleine TL-buisje gemonteerd dat via een Kemo-module uit de accu van 12 V wordt gevoed. Een volgende unieke eigenschap is dat de "Walnoot" geen schakelaar heeft om de lamp aan te zetten. Zet u de walnoot met het zonnepaneel aan de bovenzijde in het metalen frame, dan is het TL-buisje uit en laadt de accu op via de spanning van het zonnepaneel. Draait u de walnoot 180° om, dus met het TL-buisje aan de bovenzijde, dan gaat het buisje automatisch branden. Het geheim van de smid? Een klein kwikschakelaartje dat in de juiste positie gemonteerd is en dat de Kemo-module verbindt met de accu. Wij komen daar later in dit verhaal op terug.

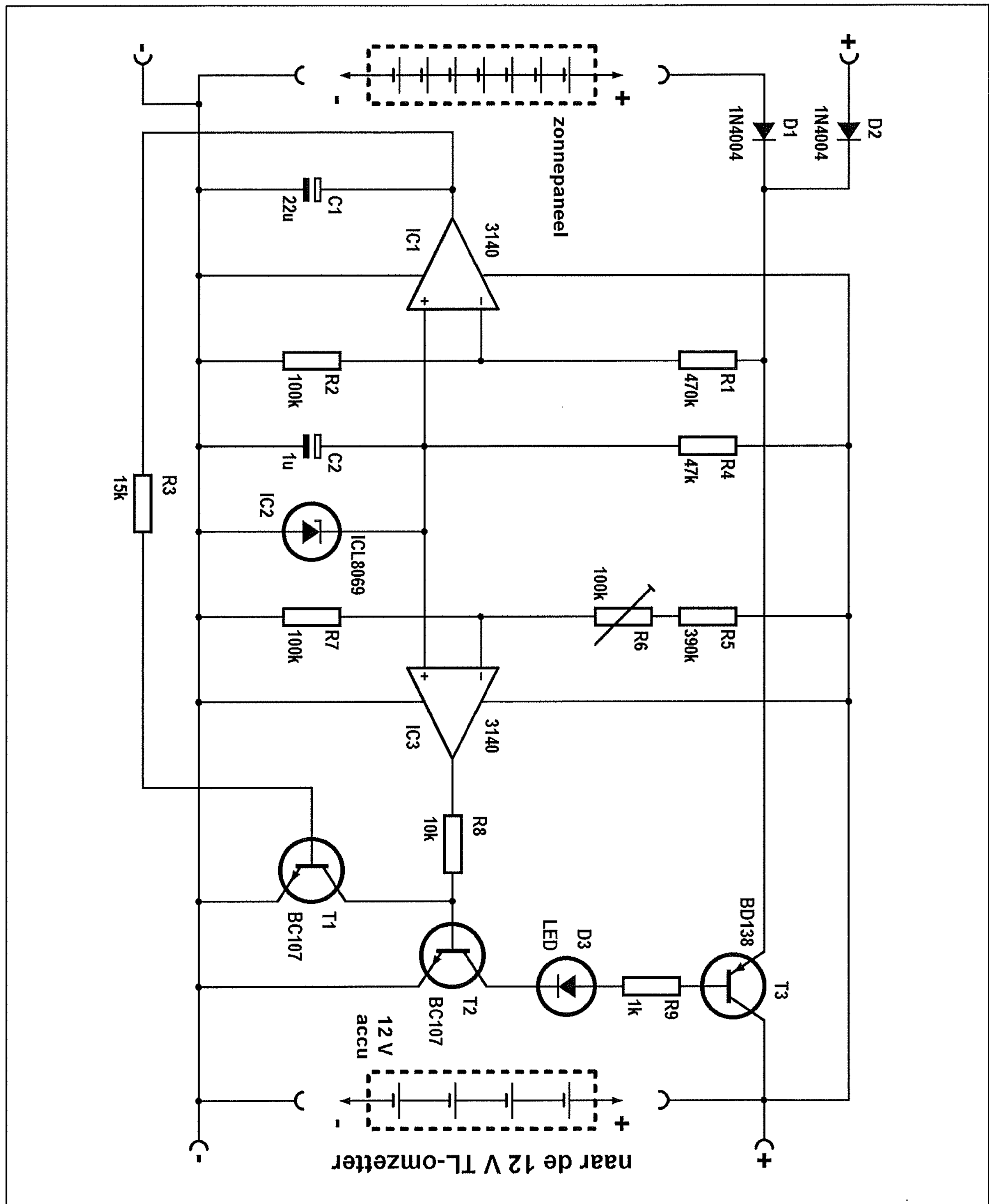
De elektronica

De noodzakelijke elektronica is voorgesteld in figuur 4/14.80-2. Rechts in het schema ziet u de 12 V accu, links het 17,2 V zonnepaneel. De elektronica tussen deze beide onderdelen zorgt ervoor dat de accu geladen wordt als het zonnepaneel meer spanning afgeeft dan de accuspanning en zorgt er bovendien voor dat de accu niet overladen kan worden.

Hart van de schakeling is een spanningsreferentie van het type ILC8069, in het schema terug te vinden als IC2. Dit IC werkt net zoals een zenerdiode, maar levert een veel stabielere spanning af en kan ingesteld worden met een veel lagere stroom. In een dergelijk ontwerp komt het er immers op aan zo weinig mogelijk stroom uit de accu te onttrekken. Het IC moet via een serieweerstand op een stroom van slechts 250 µA worden ingesteld. Deze taak wordt uitgevoerd door weerstand R4, die het IC voedt uit de spanning van de accu. Het gevolg is dat over IC2 een zeer stabiele referentiespanning van 1,23 V ontstaat. De ICL8069 is leverbaar in diverse behuizingen, in dit ontwerp is gekozen voor de TO-52 uitvoering, waarvan de aansluitgegevens in figuur 4/14.80-3 zijn samengevat.

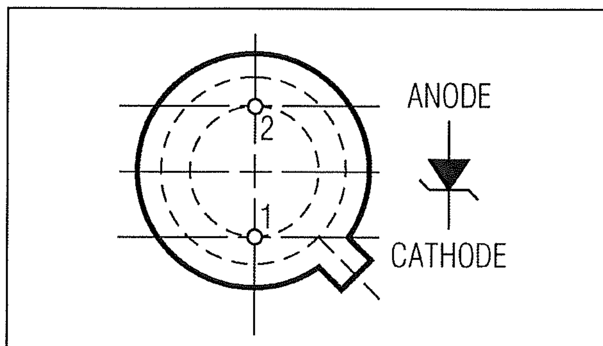
De referentiespanning wordt rechtstreeks aangeboden aan de niet-inverterende ingangen van twee op-amp's IC1 en IC3. Beide IC's zijn geschakeld als comparator, de referentiespanning op de niet-inverterende ingang wordt dus vergeleken met de spanning op de inverterende ingang. Als de spanning op de inverterende ingang kleiner is dan de spanning op de niet-inverterende ingang is de uitgang van de comparator hoog.

14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp



Figuur 4/14.80-2: De volledige elektronica van de acculader met een zonnepaneel van 17,2 V als energiebron.

14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp



Figuur 4/14.80-3: De aansluitgegevens van de spanningsreferentie ICL8069.

Wordt echter de spanning op de inverterende ingang groter dan 1,23 V, dan klapt de schakeling om en gaat de uitgang naar de massa. Wij hebben gekozen voor op-amp's van het type 3140. Die verbruiken vrij weinig stroom en kunnen hun uitgang zo goed als "rail-to-rail" sturen. Hetgeen betekent dat in de ene toestand de spanning op de uitgang vrijwel gelijk is aan de voedingsspanning en in de andere toestand de uitgangsspanning de 0 V benadert.
Laat ons eerst de functie van de comparator IC1 onderzoeken. De inverterende ingang van deze op-amp wordt via de spanningsdeler R1 en R2 gestuurd uit de spanning die het zonnepaneel afgeeft. Als dit paneel erg weinig spanning levert, dan zal de spanning op de inverterende ingang van de op-amp lager zijn dan de referentiespanning. De uitgang van de op-amp is dus hoog en deze hoge spanning stuurt via de weerstand R3 de transistor T1 in geleiding. Deze geleidende transistor trekt de basis van transistor T2 naar de massa, zodat deze halfgeleider spert. Het gevolg is dat ook T3 spert en de verbinding tussen het zonnepaneel en de accu is verbroken. De enige belasting van de accu wordt nu gevormd door de zeer kleine voedingsstromen van de twee op-amp's en de al even kleine stromen die via R4 en R5 afvloeien naar de massa. De schakeling verbruikt in deze toestand dus erg weinig vermogen, zodat de accu niet onnodig wordt ontladen.
Als het zonnetje schijnt en het zonnepaneel flink wat spanning levert wordt dit gedetecteerd door op-amp IC1. De spanning op de inverterende ingang wordt groter dan de referentiespanning, de uitgang van de schakeling klapt om en wordt gelijk aan 0 V. De sturing van T1 valt weg, deze transistor gaat sperren, het laadsysteem wordt geactiveerd.
Dit brengt ons bij de functie van de tweede comparator. De inverterende ingang is via de spanningsdeler R5, R6 en R7 aangesloten op de accuspanning. Als de accu volledig geladen is, dan is de spanning op de inverterende ingang groter dan de referentiespanning. De uitgang van IC3 is dus 0 V, de transistoren T2 en T3 zijn gesperd en de accu is nog steeds losgekoppeld van het zonnepaneel. Is echter de accuspanning lager, dan zal de op-amp omklappen en een positieve uitgang afleveren. Deze stuurt via weerstand R8 transistor T2 in geleiding. Deze trekt via weerstand R9 en de LED D3 de basis van transistor T3 naar de massa. Deze halfgeleider gaat geleiden, het zonnepaneel wordt doorverbonden met de accu en de accu wordt opgeladen. De LED D3 gaat branden, ter indicatie dat het laadsysteem geactiveerd is.
Dit is in feite alles dat over de werking van de schakeling valt te vertellen. Nog één kleinigheidje. Het zonnepaneel wordt via de diode D1 met de rest van de elektronica verbonden. Dat is geen terugslagbeveiliging, voor die functie hebben wij immers T3 ingeschakeld, maar een gevolg van het feit dat wij een tweede

14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp

ONDERDELENLIJST

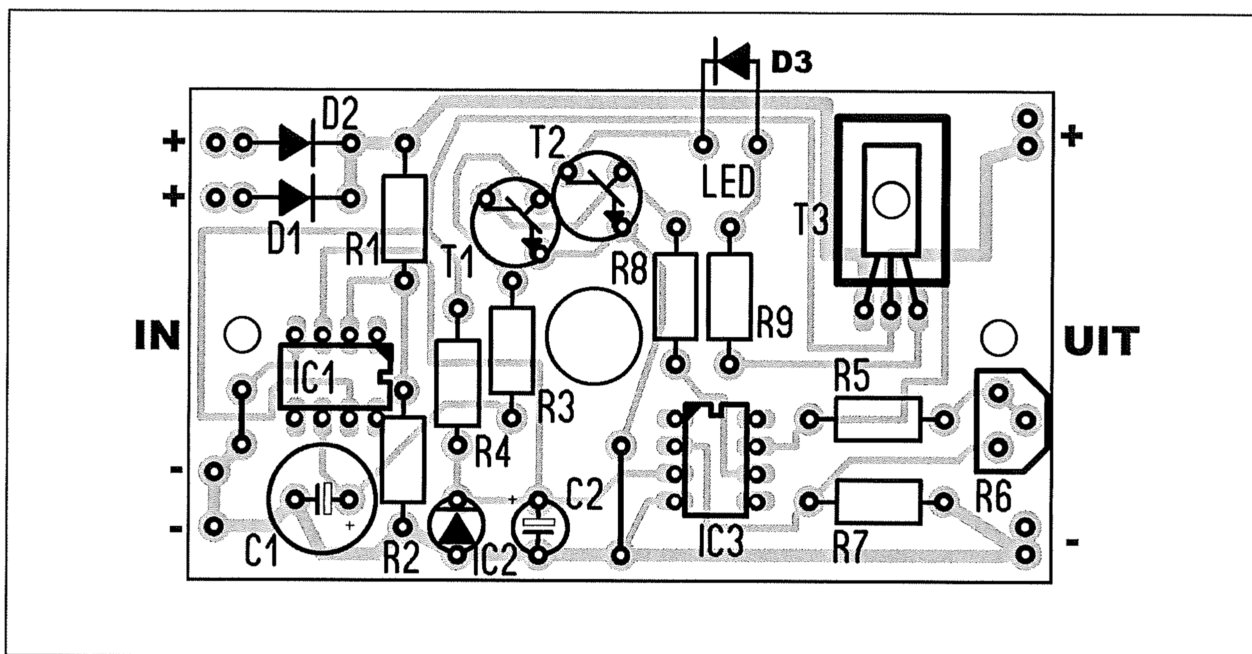
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1	470 kΩ	
R2,R7	100 kΩ	
R3	15 kΩ	
R4	47 kΩ	
R5	390 kΩ	
R8	10 kΩ	
R9	1 kΩ	
INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 5 mm		
R6	100 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	22 µF	25 V printelco
C2	1 µF	25 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1,D2	1N4004	
D3	LED, 3 mm, rood	
T1,T2	BC107	
T3	BD138	
IC1,IC3	3140, DIL-8	
IC2	ICL8069, TO-52	
DIVERSEN		
1	zonnepaneel, 17,2 V, 100 mA	
1	onderhoudsvrije loodaccu, 12 V, 1,3 Ah	
1	U-vormig koelplaatje voor T3	

laadmogelijkheid hebben voorzien. Als het zonnepaneel te weinig spanning genereert en de accu tóch moet worden geladen, kunt u via de diode D2 een 12 V netstekkervoedinkje op de elektronica aansluiten. De twee dioden D1 en D2 zijn dan natuurlijk noodzakelijk om te verhinderen dat de uitgangsspanning van de netstekkervoeding over het zonnepaneel komt te staan en dit zou beschadigen.

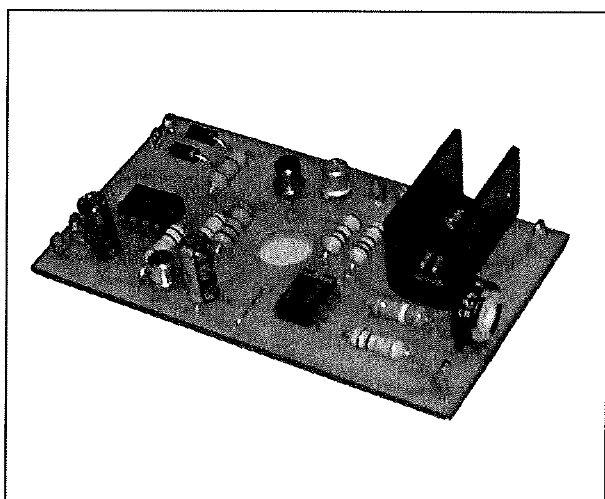
De bouw van de print

Voor de laadelektronica is een klein printje ontworpen, zie figuur 4/14.80-4 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/14.80-5. Het volsolderen van het printje is een klusje van nog geen vijftien minuten. Let op de twee draadbruggetjes! Het grote gat in het midden van de print is bedoeld voor de montage van de kwikschakelaar. Deze kan met tweecomponenten lijm muurvast in het gaatje worden bevestigd. Let echter op de juiste stand van de schakelaar! Als, in de eindmontage, het TL-buisje boven zit, moet het kwikbolletje de twee contacten in het glazen buisje kortsluiten.
De foto van figuur 4/14.80-6 geeft een impressie van de compleet gemonteerde print.

14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp



Figuur 4/14.80-5: De componentenopstelling van de print.

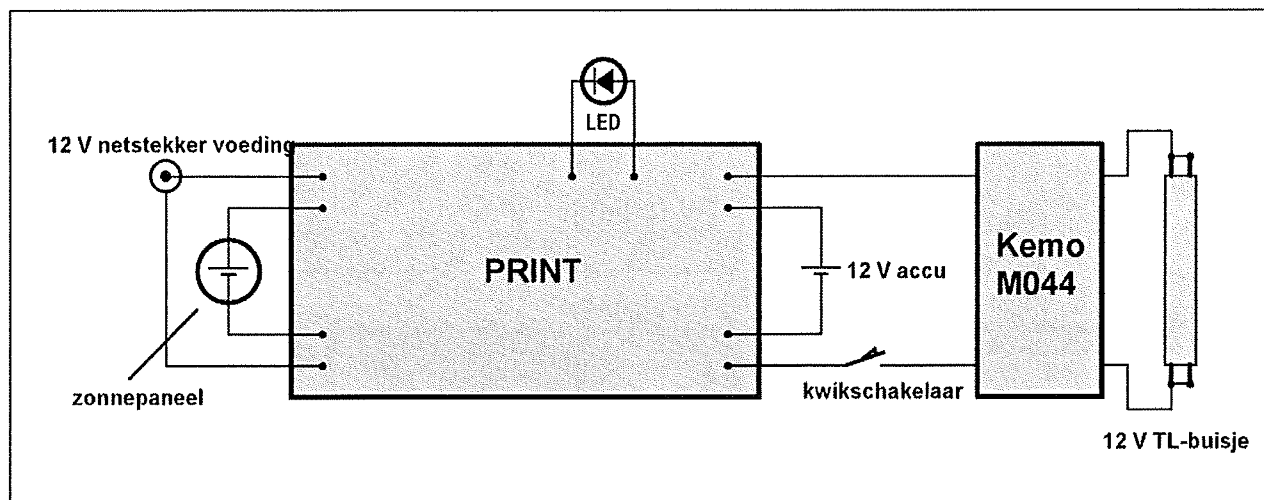


Figuur 4/14.80-6: De compleet gemonteerde print.

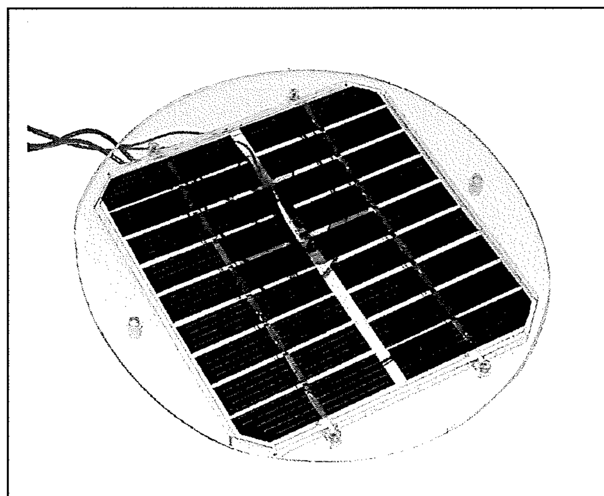
De volledige elektronica

Het printje wordt opgenomen in het schema van figuur 4/14.80-7, dat de onderlinge bedrading tussen de componenten weergeeft.
In het prototype werd gebruik gemaakt van het zonnepaneel voorgesteld in figuur 4/14.80-8. Dit paneel wordt geleverd op een transparante plaat kunststof. Deze werd voorzichtig rond geslepen zodat het paneel in de "Walnoot" past. In het midden van het paneel wordt, al even voorzichtig, een klein gaatje geboord waar de LED D3 in past.
De accu is voorgesteld in figuur 4/14.80-9. Er zijn diverse typen onderhoudsvrije loodaccu's in de handel, hoe meer capaciteit hoe beter. Een en ander is natuurlijk afhankelijk van de plaats die u in uw eigen tuinlamp ter beschikking heeft.
In figuur 4/14.80-10 is de Kemo-module M044 voorgesteld. Deze module genereert uit een gelijkspanning van 12 V een hoogspanning van ongeveer 600 V met een frequentie van ongeveer 20 kHz, die direct tussen de twee polen van een klein TL-buisje kan worden aangesloten. Deze spanning is hoog genoeg om een TL-buisje ook zonder starter en ballast te ontsteken. U kunt TL-buisjes van 6 W to 18 W op deze module aansluiten, in d "Walnoot" werd een buisje van 6 W toe gepast.

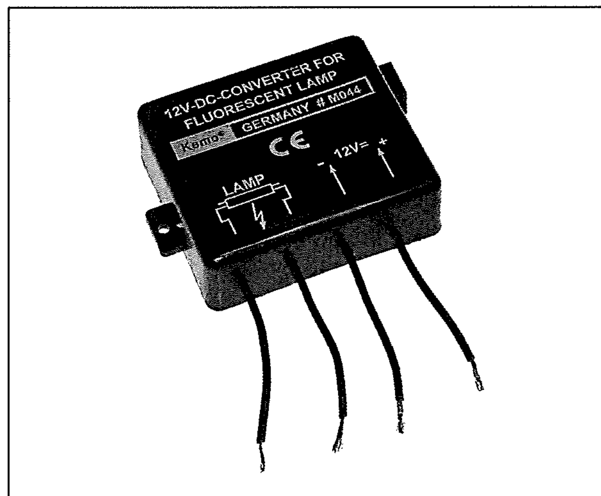
14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp



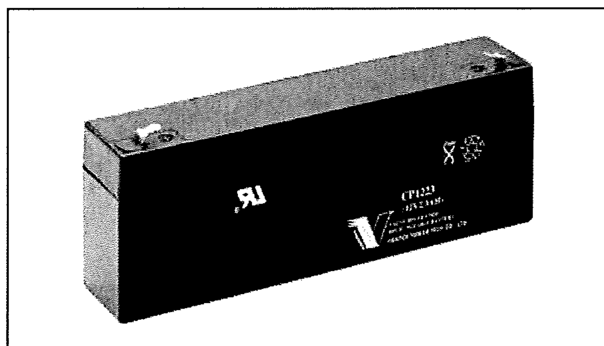
Figuur 4/14.80-7: Het volledige bedradingsschema van de tuinlamp.



Figuur 4/14.80-8: Het zonnepaneel dat in het prototype van de "Walnoot" werd toegepast.



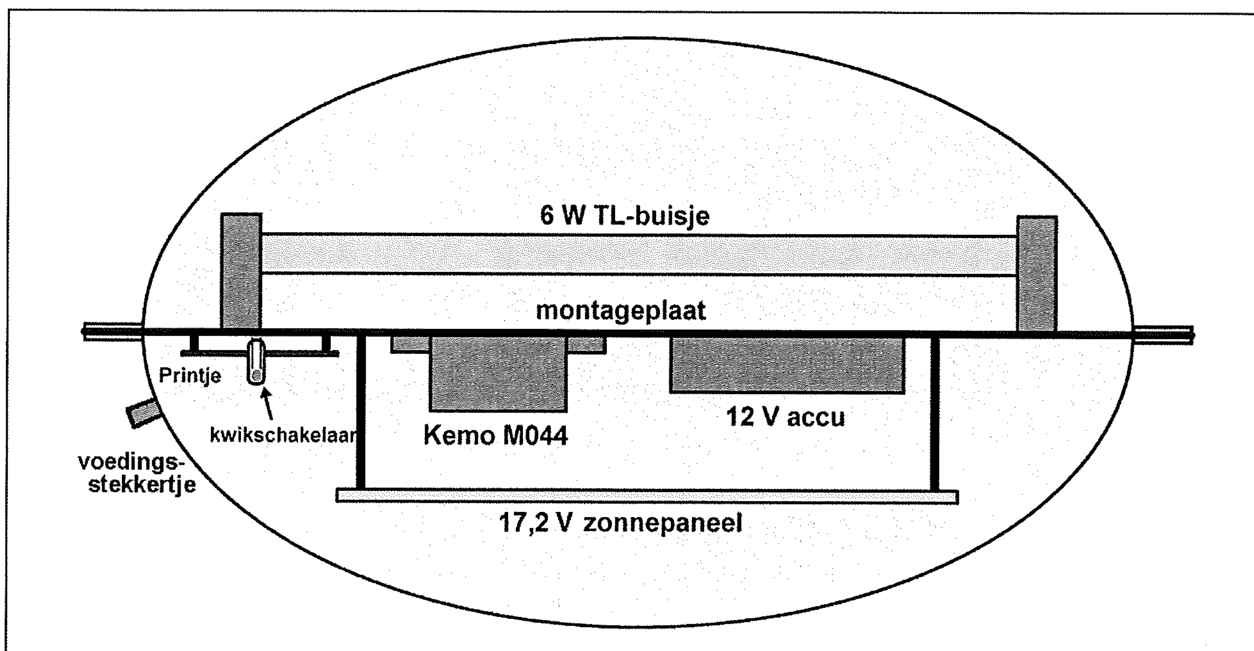
Figuur 4/14.80-10: Deze Kemo-module M044 genereert uit de 12 V accuspanning de hoogspanning, waarmee een TL-buisje aan het branden wordt gezet.



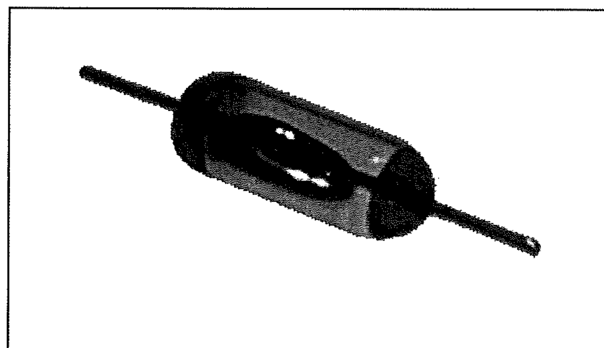
Figuur 4/14.80-9: De onderhoudsvrije 12 V loodaccu met een capaciteit van 1,3 Ah.

Tot slot de kwikschakelaar. Zoals uit de foto van figuur 4/14.80-11 blijkt bestaat zo'n schakelaar uit een klein glazen buisje, waarin twee contacten zijn ingegoten. Een druppeltje kwik beweegt onder invloed van de zwaartekracht door het buisje. In één welbepaalde stand van het buisje sluit de druppel kwik beide contacten kort en kan een stroomkring worden gesloten.

14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp



Figuur 4/14.80-12: Het monteren van alle onderdelen op de centrale montageplaat.



Figuur 4/14.80-11: De kleine kwikschakelaar die in de "Walnoot" werd toegepast.

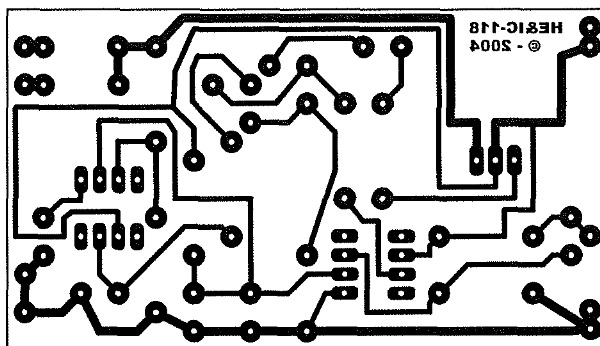
De plaats van alle componenten in de "Walnoot" is voorgesteld in figuur 4/14.80-12. Alle onderdelen worden op de centrale montageplaat vastgeschroefd. Het zonnepaneel wordt zo hoog mogelijk in de onderste halve noot gemonteerd, daarvoor kunt u lange M3 boutjes en kunststof afstandsbussen gebruiken. Het TL-buisje zit uiteraard aan de andere kant van de montageplaat. De twee lamphouders werden gesloopt uit een goedkoop TL-armatuurtje.

Onder het zonnepaneel is plaats voor het printje, de Kemo-module en de accu. In een van de halve noten wordt een klein gaatje geboord en in dat gaatje past een miniatuur tweepolig stekkertje, waarmee u de 12 V netstekkervoeding op de tuinlamp kunt aansluiten.

Afregelen

De instelpotentiometer R6 op het printje moet u zó afregelen, dat het laden van de accu stopt als de accuspanning gestegen is tot ongeveer 14,0 V. Dat is de spanning over de accu bij volledige oplading. Op de zijkant van de Kemo-module treft u ook een instelpotentiometertje aan. U verdraait deze instelpotentiometer eerst volledig in uurwijzerzin. Nadien draait u terug tot het TL-buisje zonder aarzelen gaat branden als u de module op de accu aansluit. Verder terugdraaien heeft geen enkele zin, het enige resultaat is dat de module meer stroom uit de accu trekt en de accu dus sneller leeg is.

14.80 De “Walnoot”, een zonnecel gevoede tuinlamp



Figuur 4/14.80-4: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie “Printservice”. In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.80 De "Walnoot", een zonnecel gevoede tuinlamp

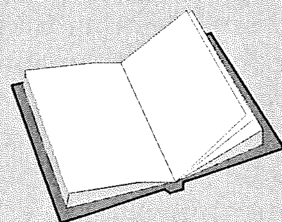
4/14.81

Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

Inleiding
De publicatie van de "Katten schrikdraad installatie met de Kemo module M062" in aanvulling 116 heeft nogal wat reacties opgeleverd. Uit deze reacties blijkt dat de Kemo module uitstekend geschikt is voor het afschermen van kleine oppervlakken, zoals volières en kleine tuinvijvers, maar dat de module ongeschikt is voor het beveiligen van grotere oppervlakken, zoals lange tuinschuttingen. De lekstromen die dan ontstaan zijn funest voor de waarde van de hoogspanning. Bovendien blijkt er soms kortsluiting op te treden in de secundaire wikkeling van de hoogspanningstrafo, waardoor de hoogspanning terugvalt tot een paar honderd volt. Niet iets, waar katten zich door laten afschrikken. Dit heeft te maken met het feit dat deze module nogal kritisch is wat betreft voedingsspanning. Iets meer dan 12 V en de hoogspanning wordt zo hoog dat deze gevreesde doorslag kan optreden. In feite moet u dus absoluut een gestabiliseerde voeding van 12 V toepassen. Voldoende reden dus, om een nieuwe schakeling te ontwerpen die deze nadelen niet heeft. Wij hebben hierbij bewust gekozen voor een schakeling die alleen goed te verkrijgen componenten verorbert. Alle onderdelen zijn bijvoorbeeld leverbaar door Conrad.

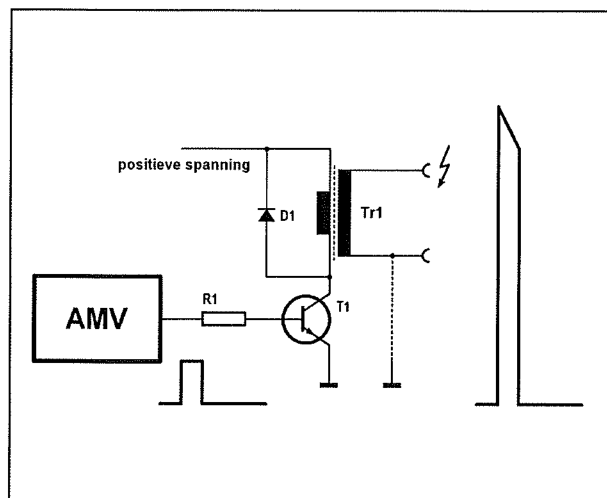
Het werkingsprincipe
Het werkingsprincipe van de schakeling is geschetst in figuur 4/14.81-1. Een astabiele multivibrator AMV wekt een paar keer per seconde een smalle positieve puls op. Deze puls stuurt, via de weerstand R1, een vermogenstransistor T1 in verzadiging. Tussen de collector en de positieve voedingsspanning is **de laagspanningskant** van een normale voedingstrafo opgenomen. De 230 V wikkeling van deze trafo levert de hoogspanning. Als u een 230 V naar 6 V trafo zou gebruiken en de voedingsspanning van de schakeling zou vastleggen op 6 V, dan zouden er secundair 230 V pulsjes ontstaan. Niet erg indrukwekkend. Maar als u de voedingsspanning opschroeft tot 24 V, ontstaan er in principe secundair pulsjes van 4 x 230 V = 920 V. Nog niet in-

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.78



14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

drukwekkend, maar in ieder geval al een stap in de goede richting.



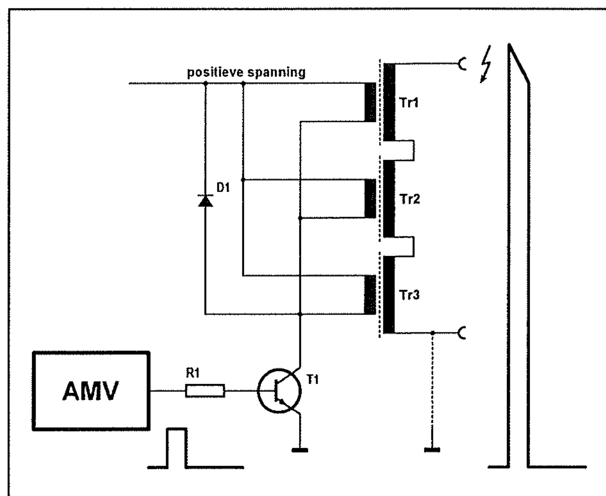
Figuur 4/14.81-1: Het principe van de schakeling.

Wij schreven "in principe" en niet zonder reden. Een vervelende eigenschap die ons parten speelt is de magnetische verzadiging van de kern van de trafo. Het aanleggen van een smalle puls van 24 V over een 6 V trafowikkeling veroorzaakt natuurlijk een grote stroom door deze wikkeling. Deze stroom wekt een sterk magnetisch veld op. De bedoeling is nu dat dit veld de ijzeren kern van de trafo magnetiseert en dat dit magnetisme in de 230 V wikkeling een hoge pulsspanning genereert. De kans is echter groot dat de ijzeren kern al veel eerder in magnetische verzadiging komt. Alle ijzermoleculen zijn bijvoorbeeld al gemagnetiseerd bij een spanning van 15 V en verhogen van de voedingsspanning boven deze waarde heeft geen volt extra secundaire spanning tot gevolg.
Een tweede probleem is de doorslagspanning van de 230 V wikkeling. Stel dat de ijzeren kern nog niet in magnetische verzadiging zit bij een primaire spanning van 24 V. Dan wordt secundair inderdaad 920 V gegenereerd. Maar is deze voor 230 V bedachte wikkeling daartegen bestand? Geen mens, behalve de fabrikant, kan daar een zinvol antwoord op geven. Vergeet niet dat de trafo in deze toepassing nogal grof wordt misbruikt. Geen enkele trafofabrikant die goed bij zijn hoofd is zal het gebruik van zijn producten in een dergelijke schakeling toejuichen, laat staan ondersteunen.
Een belangrijk onderdeel is de diode D1. Als de stroom door de primaire wikkeling wegvalt, zit de kern nog vol magnetische energie. Een spoel verzet zich tegen het wegvallen van de stroom en zal vanuit de magnetische energie een grote spanning opbouwen in een poging de stroom in stand te houden. Dit noemt men de "temk", oftewel de tegen-elektromotorische kracht. Deze temk kan momenteel stijgen tot een waarde van een paar honderd volt en de transistor T1 is daartegen niet bestand. De diode sluit deze temk kort over de wikkeling van de spoel, zodat de spanningswaarden in de schakeling tot normale waarden begrensd blijven.

Trafo's in serie/parallel
Om de geschetste problemen te vermijden kunnen wij overschakelen naar het schema van figuur 4/14.81-2. We zetten nu bijvoorbeeld drie identieke trafo's in. De laagspanningswikkelingen worden parallel geschakeld en aangesloten tussen de voedingsspanning en de collector van de transistor. De 230 V wikkelingen worden in serie geschakeld. Het zal nu wel duidelijk zijn dat we de trafo's niet tot de uiterste grenzen van hun kunnen moeten misbruiken. Zelfs als wij genoegen nemen met een secundaire spanning van 500 V leveren de drie in serie

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

geschakelde wikkelingen een schrikdraadpuls van 1.500 V op.

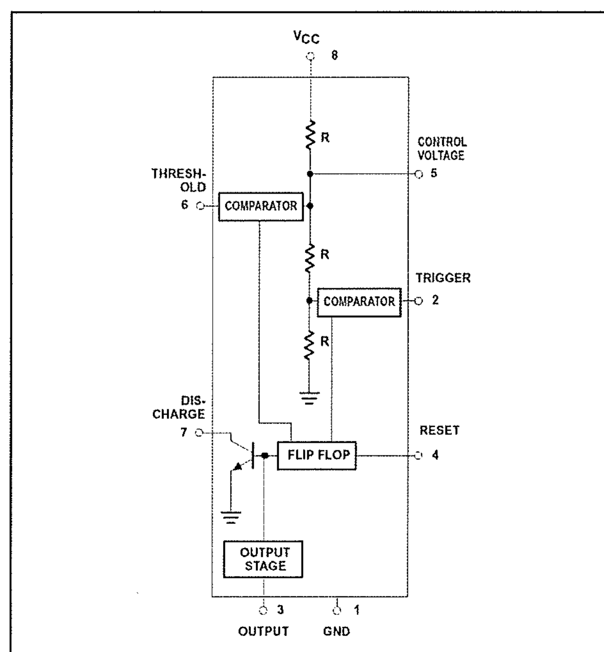


Figuur 4/14.81-2: Door het toepassen van meerdere identieke trafo's kunnen wij de geschetste problemen omzeilen.

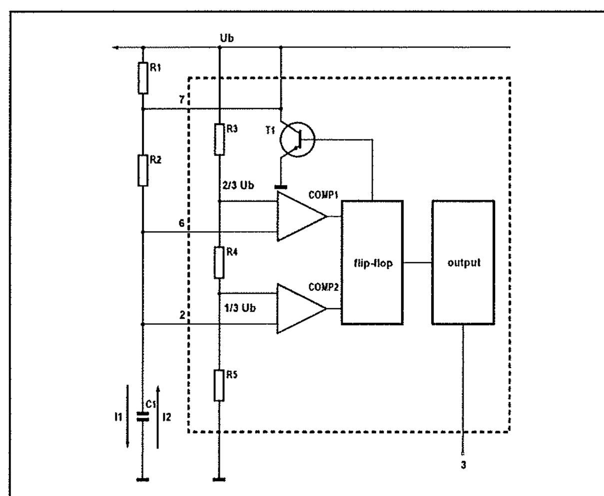
De astabiele multivibrator

Zoals bekend leiden vele wegen naar Rome en dit geldt zeker voor de astabiele multivibrator. De gemakkelijkste weg is gebruik te maken van de bekende timer 555. In figuur 4/14.81-3 is het blokschema van deze universeel inzetbare chip getekend. De 555 bevat een flipflop, twee comparatoren, een ontlaadtransistor en een uitgangstrap. Belangrijk is de weerstandsdeler die is opgebouwd uit drie identieke weerstanden R. Deze deler zorgt ervoor dat de twee comparatoren de spanningen op de pennen 6 en 2 vergelijken met respectievelijk 1/3 en 2/3 van de voedingsspanning.

Met deze elektronische ingewanden is de 555 een zeer universele schakeling, waar wij alle kanten mee uit kunnen. In figuur 4/14.81-4 is bijvoorbeeld geschetst hoe de 555 toe te passen is als astabiele multivibrator. Twee weerstanden R1 en R2 en een condensator C1 zijn in serie geschakeld tussen de positieve voeding U_b en de massa. Het knooppunt van R1 en C1 gaat naar de ingangen van de twee comparatoren in de 555. De werking van de schakeling wordt toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 4/14.81-5.

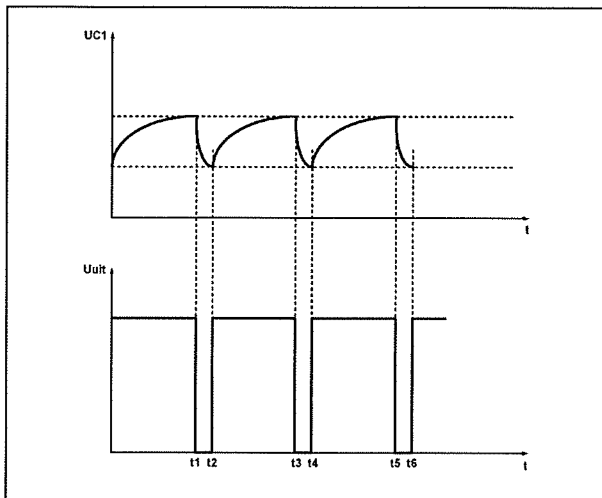


Figuur 4/14.81-3: Het intern blokschema van de timer 555.



Figuur 4/14.81-4: In dit voorbeeld wordt de 555 geschakeld als astabiele multivibrator.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw



Figuur 4/14.81-5: Grafische verklaring van de werking van de schakeling van figuur 4/14.81-4.

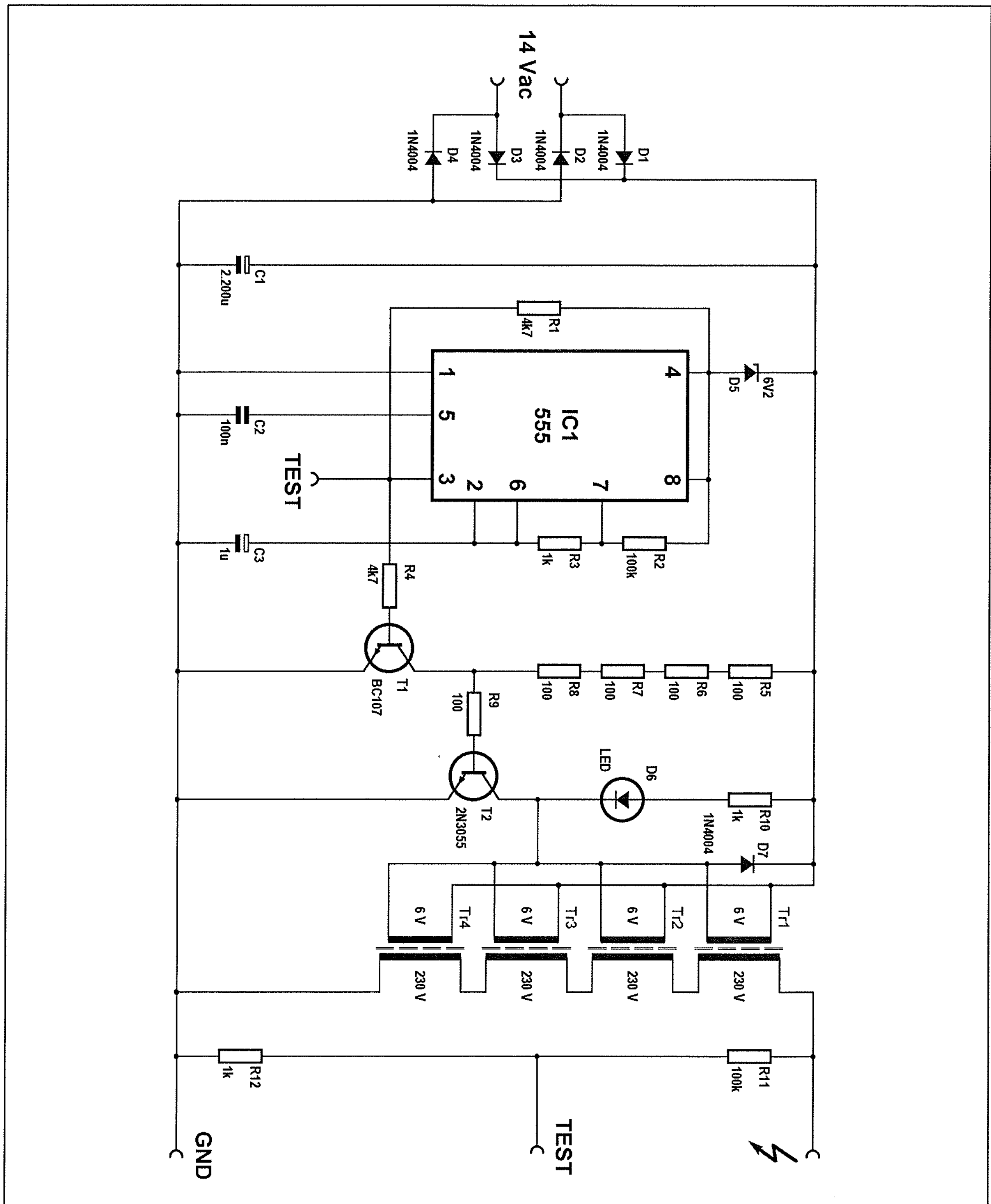
Als u de voedingsspanning aanzet is de condensator volledig ontladen. De spanning over C1 is dus 0 V en de twee interne comparatoren zijn in rust. Er gaat nu een stroom I1 vloeien vanuit de positieve voeding via de weerstanden R1 en R2. De spanning over de condensator gaat stijgen. Na een bepaalde tijd wordt de condensatorspanning gelijk aan 1/3 van de voedingsspanning. De onderste comparator klapt om, maar deze actie heeft op dit moment nog geen gevolgen. Even later is de condensatorspanning gestegen tot 2/3 van de voedingsspanning. In de grafiek komt dit moment overeen met tijdstip t1. De bovenste comparator in de 555 klapt om en deze reset de interne flip-flop. De uitgang van de 555 gaat naar "L" en de interne transistor T1 wordt in geleiding gestuurd. Het gevolg is dat er een tweede stroom I2 gaat vloeien die de condensator ontlaadt via de weerstand R2. Het knooppunt tussen R1 en R2 wordt immers door de geleidende transistor T1 naar de massa getrokken. Als u er voor zorgt dat R2 veel kleiner is dan R1 zal de ontlaadstroom I2 veel groter zijn dan de laadstroom I1. De spanning over de condensator valt dus snel terug tot 1/3 van de voedingsspanning. Op moment t2 bereikt de spanning deze drempel, de onderste comparator in de 555 klapt om. Deze set de flip-flop, de uitgang wordt "H" en T1 wordt naar sper gestuurd. De laadstroom I1 gaat weer vloeien en de condensatorspanning wordt opgeladen van 1/3 U_b tot 2/3 U_b. U kunt dus besluiten dat op de uitgang een pulsvormige spanning ontstaat en de spanning over de condensator C1 varieert tussen de grenzen 1/3 en 2/3 U_b. De AAN/UIT-verhouding van de uitgangspuls is in te stellen door de verhouding tussen R1 en R2 te wijzigen. Als u voor R1 een grote waarde invult en voor R2 een zeer kleine waarde, dan zal de periode t1-t2 klein zijn ten opzichte van de periode t2-t3.

Op deze manier kunt u dus de smalle pulsen genereren die de basis vormen van een schrikdraad installatie. De frequentie van deze pulsen hangt natuurlijk af van de waarde van de twee weerstanden, maar ook van de waarde van de condensator. Als u voor C1 een flinke elco kiest, dan zal de schakeling een uitgangsfrequentie genereren van 4 Hz en dus vier smalle pulsjes per seconde opwekken.

Het volledig schema

Het volledig schema van de schrikdraad module is voorgesteld in figuur 4/14.81-5. Links herkennen wij de voeding. De schakeling wordt gevoed uit een speciale netstekkervoeding, die secundair een **wisselspanning** van 14 V genereert. Dat is handig, want u zet de print waarschijnlijk ergens in de tuin en de netstekkervoeding ergens in de schuur.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw



Figuur 4/14.81-6: Het volledige schema van de schrikdraad module.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

Tussen beide onderdelen kunt u dan een gewoon tweelingsnoertje aanleggen, de polariteit van de voedingsspanning doet er nu immers niet toe. De 14 V wisselspanning wordt gelijkgericht met de dioden D1 tot en met D4 en afgevlakt met de grote elco C1. Deze grote elco doet dienst als ladingsreservoir, die voldoende capaciteit heeft om de grote stroom te leveren die noodzakelijk is om de hoogspanningspuls te genereren. Over de condensator ontstaat een gelijkspanning van ongeveer 18 V, de voedingsspanning voor de eindtrap van de schakeling. De 555 heeft een maximale voedingsspanning van 18 V. Dat is dus kantje-boordje en om alle problemen te vermijden zetten wij de zenerdiode D5 is serie met de voedingsaansluiting van de 555. De voedingsspanning van het IC blijft dus, zelfs onder de slechts denkbare omstandigheden, onder de limiet. Rond IC1 herkent u de schakeling van figuur 4/14.81-4. De condensator C3 is het frequentiebepalend onderdeel, de twee weerstanden R2 en R3 verzorgen de laad- en ontlaadstromen. Hun onderlinge verhouding bedraagt 1/100, met als gevolg dat de 555 zeer smalle pulsjes van ongeveer 0,5 ms genereert. Een ideale basis voor het genereren van een schrikdraadpuls!

De uitgang op pen 3 wordt via R1 aangesloten op de voedingsspanning en stuurt via R4 de transistor T1 in geleiding. De collectorweerstand van deze transistor bestaat uit vier in serie geschakelde 100 Ω weerstanden. Dat heeft niets te maken met te hoge spanning of zo, want die is er op dit punt van de schakeling nog niet, maar alles met vermogen. En 1/4 W weerstand van 100 Ω zou binnen de minuut zwart geblakerd zijn en vandaar dat we het vermogen over vier identieke weerstanden verdelen. Die lage collectorweerstand is noodzakelijk omdat deze meteen de basissturing van de eindtransistor T2 verzorgt. We hebben hiervoor het oeroude "werkpaard van de elektronica", de 2N3055, van stal gehaald. Een onverwoestbare macho met maar één minpuntje: een zeer lage stroomversterkingsfactor. Het toegepaste exemplaar bleek niet meer te versterken dan 74, het is dus zaak flink wat stroom in de basis te pompen. Dat gebeurt via de weerstanden R5 tot en met R9, die uit de beschikbare 18 V voedingsspanning een stroom van ongeveer 40 mA in de basis van de 2N3055 spuiten. Wij gebruiken vier identieke voedingstrafootjes om uit de beschikbare 18 V een mooie schrikdraadpuls af te leiden. We hebben de goedkoopste trafootjes geselecteerd die we in de catalogus van Conrad konden vinden. Toegepast als voedingstrafo leveren de trafootjes secundair 6 V met een stroomcapaciteit van 150 mA. Als we smalle pulsjes van 18 V over de 6 V wikkeling zetten, genereren deze trafootjes secundair ongeveer 500 V. In principe zou dat 3 x 230 V = 690 V moeten zijn, maar we krijgen hier te maken met de reeds beschreven magnetische verzadiging van de kernen. De 4 x 500 V secundair schakelen wij in serie, zodat onze schattige viervoeters getracteerd worden op een 0,5 ms pulsje van 2 kV en dat vier keer per seconde.

Over de uitgang staat een weerstandsdeler R11/R12. De enige bedoeling hiervan is een testpunt te creëren, waarop wij een scope kunnen aansluiten om de hoogspanning te bewonderen, zonder dat de voorversterker van de scope het levenslicht verliest.

Tot slot hebben wij over de primaire wikkelingen van de trafo's nog een LED D6

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R4	4,7 kΩ	
R2	100 kΩ	
R3,R10,R12	1 kΩ	
R5-R9	100 Ω	
R11	100 kΩ	
CONDENSATOREN		
C1	2.200 µF	35 V axiale elco
C2	100 nF	MKH
C3	1 µF	16 V printelco
HALFGELEIDERS		
D1-D4,D7	1N4004	
D5	6,2 V, 400 mW zener	
D6	LED, rood, 5 mm	
T1	BC107	
T2	2N3055	
IC1	555, DIL-8	
DIVERSEN		
4	trafo, 230 V / 6 V 1 VA	
6	printsoldeerlipje	
1	netstekkertrafo, 14 V, 500 mA	

opgenomen, die gaat knipperen en aangeeft dat in ieder geval het primaire circuit van de schakeling het goed doet. Dat zegt natuurlijk niets over de hoogspanning, maar omdat er secundair maar 500 V over de 230 V wikkelingen ontstaat is de kans op doorslag écht minimaal. Kortom, als de LED knippert kunt u er zeker van zijn dat de hoogspanning aanwezig is, tenzij u natuurlijk ergens een kortsluiting in de schrikdraad weet te fabriceren. Om absolute zekerheid te hebben zou u natuurlijk over de uitgangsklemmnen van de print een neonlampje kunnen hangen in serie met een weerstand van 1 MΩ.

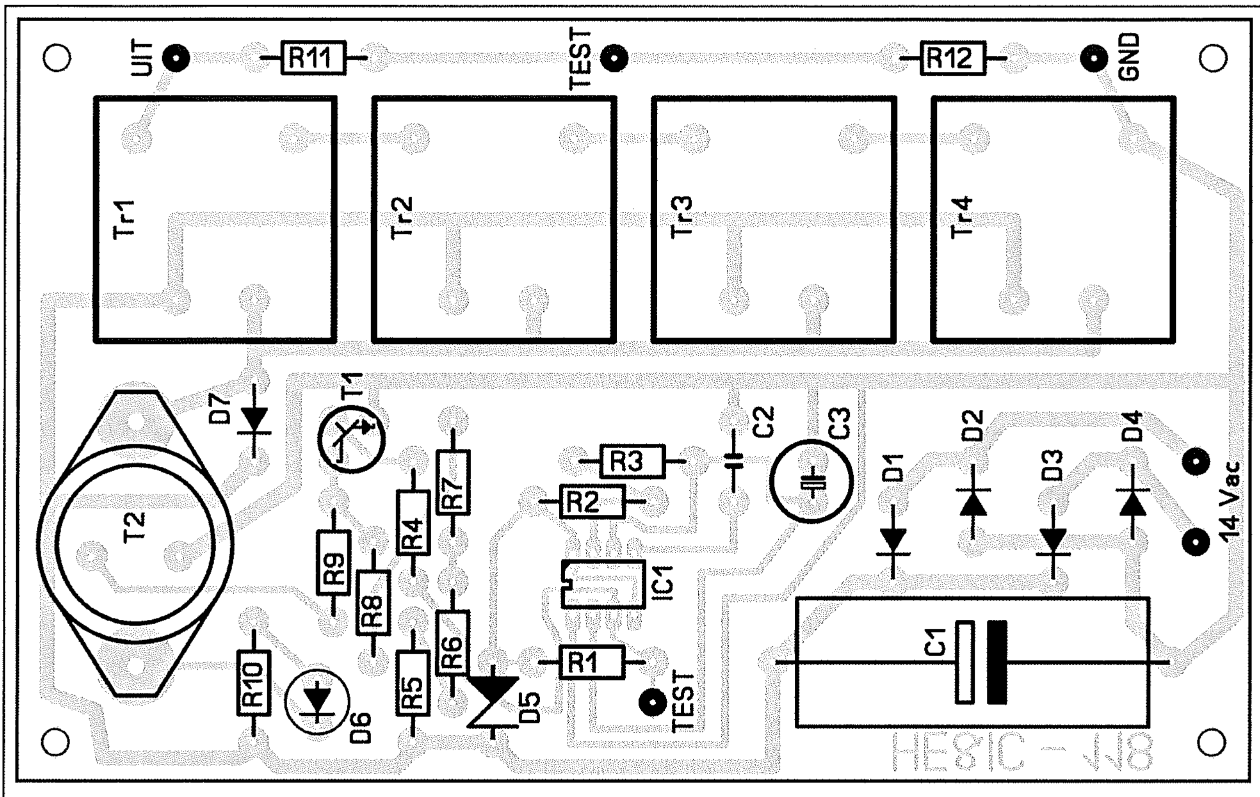
De bouw van de schakeling

Alle onderdelen passen ruim op de print, voorgesteld in figuur 4/14.81-7 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/14.81-8 en is volledig onproblematisch. In vijftien minuutjes heeft u alles er op gesoldeerd. De 2N3055 wordt met twee M3 boutjes en moertjes op de print bevestigd. De foto van figuur 4/14.81-9 geeft een impressie van het eindresultaat.

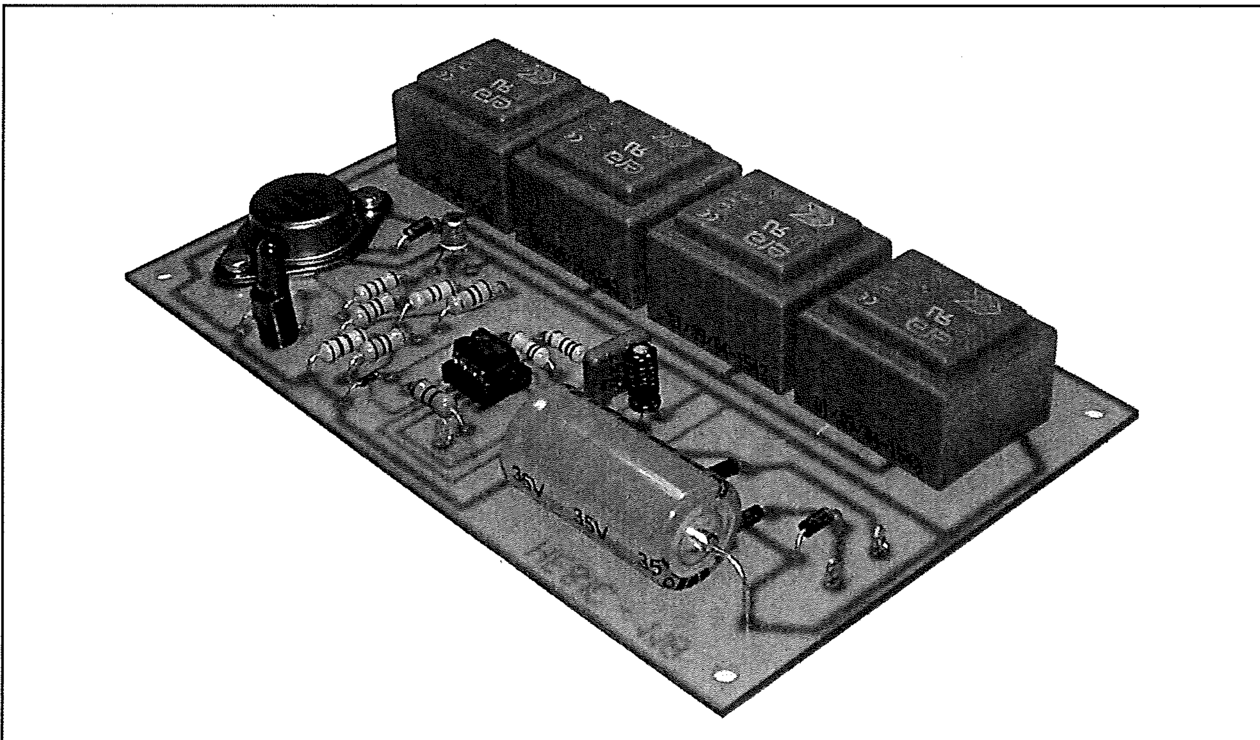
Laatste werkzaamheden

Als laatste actie moet u de 14 V netstekkertrafo op de print aansluiten. Ook dat onderdeel is gemakkelijk te verkrijgen, het maakt deel uit van het standaard assortiment van Conrad. Deze zogenaamde "AC-AC Adaptor", zie figuur 4/14.81-10, is de enige netstekkertrafo die wij konden vinden. Deze trafo levert 14 V secundair bij 500 mA, meer dan voldoende voor het voeden van eventueel drie printen.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw



Figuur 4/14.81-8: De componentenopstelling van de print.



Figuur 4/14.81-9: Een impressie van het prototype van de katten schrikdraad module.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

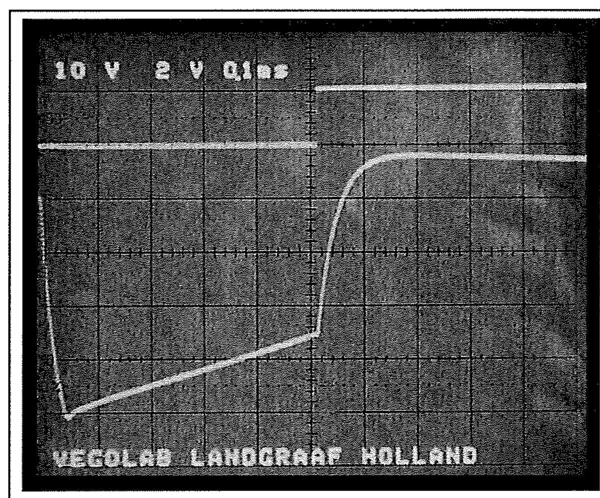


Figuur 4/14.81-10: De speciale netstekkertrafo die wij gebruiken.

In figuur 4/14.81-11 hebben wij de spanningen op de twee testpunten samengevat. De bovenste trace geeft de uitgangsspanning van de 555, een keurige blokspanning met een “L”-periode van slechts 0,5 ms. De onderste trace geeft de (uiteraard) zwaar verzwakte schrikdraadpuls. ***Sluit de uitgang van de print nooit rechtstreeks aan op wat voor soort meetapparaat! De elektronica in de ingangskringen gaat onmiddellijk stuk!*** Wat opvalt is de prachtige vorm van de uitgangspuls. Vergelijk de foto van figuur 4/14.81-11 eens met de foto van figuur 4/14.78-5 in hoofdstuk 4/14.78. De Kemo module geeft een hoogspanningspuls af waar nogal wat oscillaties op zitten, ónze schakeling is geheel en al vrij van oscillaties.

Het installeren van de schrikdraad

Hiervoor verwijzen wij uiteraard naar hoofdstuk 4/14.78, waar wij een uitgebreide handleiding hebben gegeven. Na het oprichten van een testinstallatie op een tuinhek van twaalf meter lengte werd de beschikbare hoogspanning gemeten met een speciale digitale hoogspanningsvoltmeter, zie figuur 4/14.81-12. Op de schrikdraad stond een spanning van 1,9 kV, meer dan voldoende voor het afschrikken van katten.



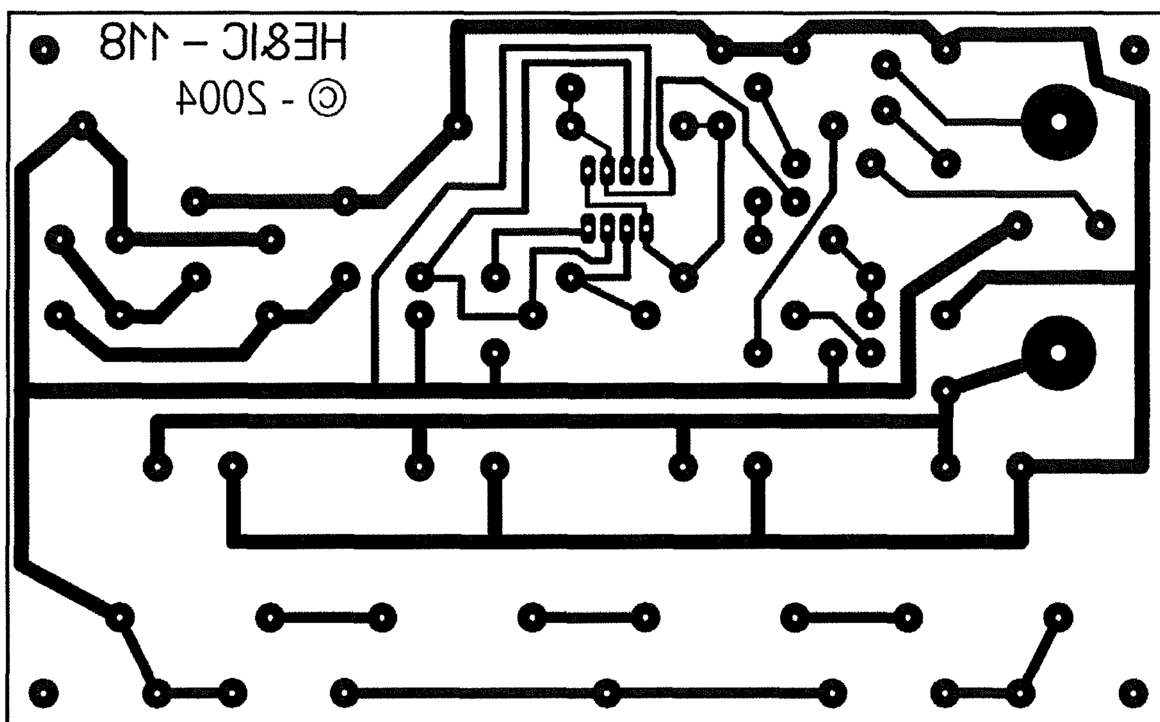
Figuur 4/14.81-11: De testspanningen op het scherm van een oscilloscoop.



Figuur 4/14.81-12: Met de speciale hoogspanningsvoltmeter DVM^3 van Gallagher werd de uitgangsspanning van de print in een praktijksituatie gemeten.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw



Figuur 4/14.81-7: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.81 Een katten schrikdraad module voor zelfbouw

4/14.82

Driekanaals melodieuze deurbel

Inleiding

Met de in dit hoofdstuk beschreven schakeling kunt u drie verschillende deurbel knoppen drie verschillende melodietjes laten genereren. Ideaal dus voor gezinnen met populaire teenager kinderen, die veel aanbidders respectievelijk aanbidsters aan de deur krijgen. In plaats van het onduidelijke één keer lang bellen is voor de ouders, twee keer kort bellen is voor Jantje, drie keer kort bellen is voor Mientje, kunt u nu drie drukknoppen naast uw deur monteren en duidelijke afspraken maken over wélk geluid bij wélk persoon hoort.

De schakeling wordt gevoed uit de bestaande beltrafo, de uitgang stuurt een klein 8 Ω luidsprekertje dat de traditionele deurbel vervangt.

De SAE800 van Siemens

De SAE800 van Siemens is speciaal ontworpen voor deze éne duidelijke toepassing. De drie gongtonen zijn eenvoudig te selecteren door het aanleggen van een spanning op een van de twee aanwezige trigger-ingangen. Triggert men beide ingangen tegelijk, dan zal het derde geluid geproduceerd worden. De schakeling kan dus gemakkelijk bediend worden met drie drukknopjes, die naast de voordeur kunnen worden gemonteerd en alleen lage spanningen moeten voeren. De toonhoogte van de door de SAE800 geproduceerde tonen is afhankelijk van de ingestelde oscillatorfrequentie. De frequenties van de drie geproduceerde tonen staan in een vaste verhouding tot elkaar:

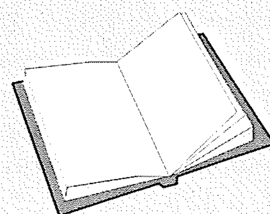
- f1
  oscillatorfrequentie gedeeld door 20;
- f2
  oscillatorfrequentie gedeeld door 24;
- f3
  oscillatorfrequentie gedeeld door 30.

Kiest u een oscillatorfrequentie van exact 13,2 kHz, dan levert de schakeling frequenties van 440 Hz, 550 Hz en 660 Hz, een mooie harmonische relatie.

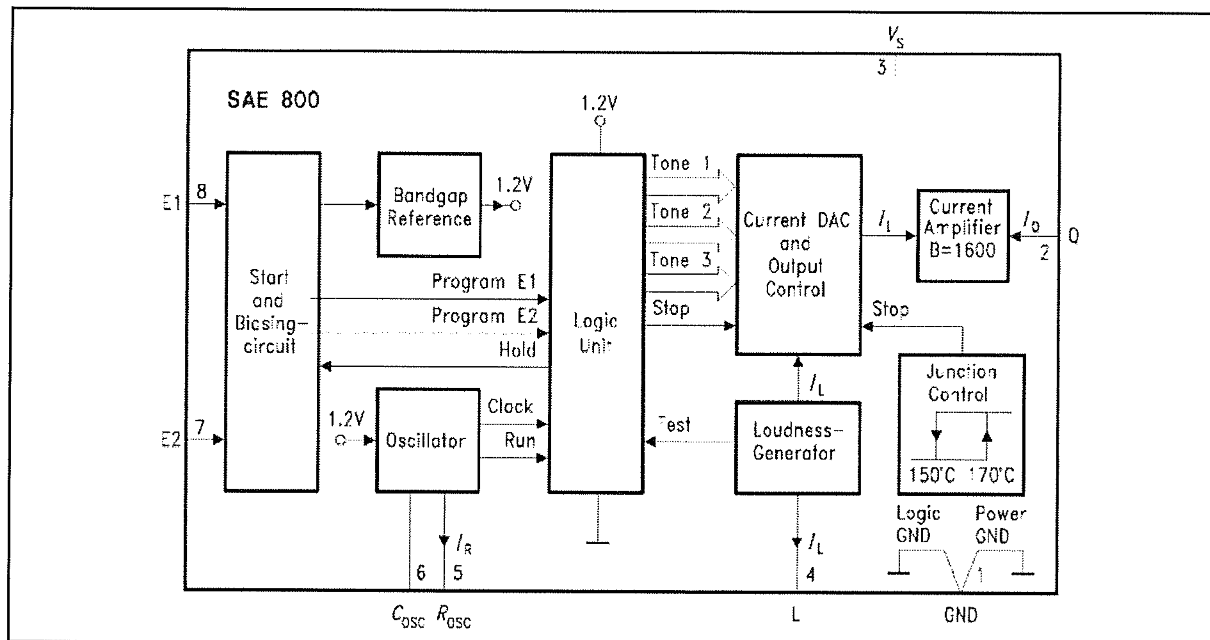
Het blokschema

Het intern blokschema van de SAE800 is getekend in figuur 4/14.82-1.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.21



14.82 Driekanaals melodieuze deurbel



Figuur 4/14.82-1: Het intern blokschema van de SAE800.

De oscillatorfrequentie wordt bepaald door een RC-netwerkje dat wordt aangesloten op de punten R_{osc} en C_{osc}. Tussen ingang L en de massa wordt een weerstand aangesloten waarvan de waarde de gegenereerde geluidssterkte bepaalt. De luidspreker wordt aangesloten tussen uitgang Q en de positieve voedingsspanning V_s. Dat zijn in principe de enige externe onderdelen om de schakeling aan de praat te krijgen!
Met de beide trigger-ingangen E1 en E2 wordt de modus van het IC ingesteld. Een opgaande flank op de ingangen E1 en/of E2 start één cyclus, het IC start dan na een kleine vertraging met de weergave van de tonen. De waarheidstabel van deze besturing is voorgesteld in figuur 4/14.82-2. De oscillator levert een mooie driehoekspanning waarvan de periode wordt bepaald door een externe RC-combinatie. De formule voor het bepalen van de frequentie luidt:

$$\mathbf{f_0 = 5/8 * 1/(R_{osc} * C_{osc})}$$

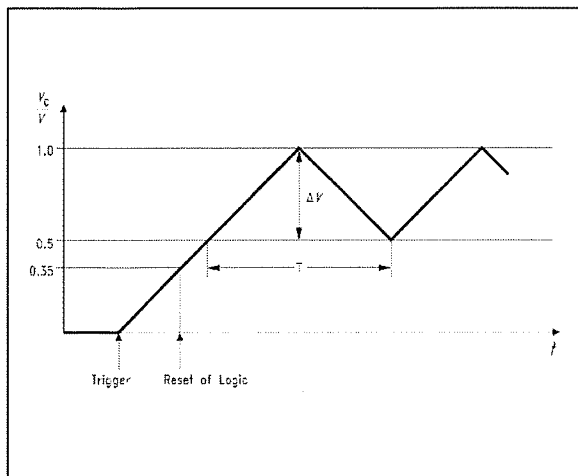
De condensator wordt, na het ontvangen van een triggerpuls, lineair opgeladen door een constante stroom die door de pen R_{osc} geleverd wordt.

E1	E2	Mode	Issued Sequence
Triggered	Triggered	Tnple-tone	Minor and major third
Grounded/open	Triggered	Dual-tone	Minor third
Triggered	Grounded/open	Single-tone	1st tone of minor third

Figuur 4/14.82-2: De waarheidstabel van de triggering.

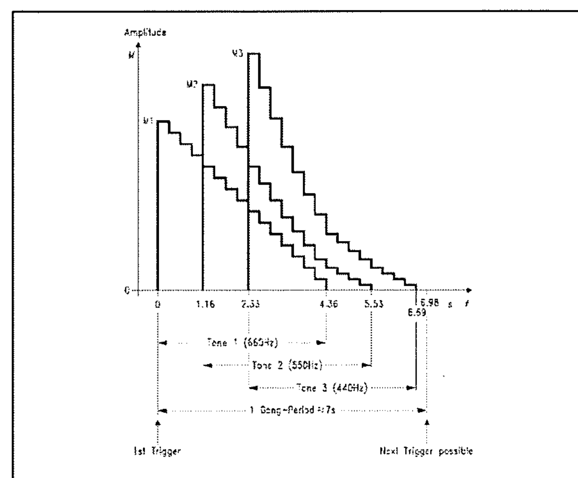
De spanning over de condensator gaat dus, zoals getekend in figuur 4/14.82-3, lineair stijgen.
Nadat de condensator opgeladen is tot 0,35 keer de voedingsspanning, worden de interne logische schakelingen gereset, zodat deze klaar staan voor hun taak. Nadien zal de spanning over de condensator heen en weer pendelen tussen de voedingsspanning en de helft van de voedingsspanning.

14.82 Driekanaals melodieuze deurbel



Figuur 4/14.82-3: Het verloop van de spanning over de condensator C_{osc}.

De grootte van de laadstroom wordt bepaald door de externe weerstand die tussen pen 5 en massa wordt opgenomen. Sluit men tijdens de weergave de oscillator-aansluiting C_{osc} even kort naar de massa, dan ontlaadt het onderdeel en wordt de tonenreeks nog eens herhaald.
De "Logic unit" verzorgt het weergeven van de achtereenvolgende tonen. Na het resetten van de oscillator krijgt dit blok de klokfrequentie van de oscillator aangeboden. De gewenste mode wordt aangeboden via de trigger-ingangen E1 en E2. De "Logic unit" weet dan alles dat hij moet weten en kan de stroom-DAC's, die verantwoordelijk zijn voor de generatie van het geluid, gaan sturen.
De "Logic unit" verzorgt de volledige timing van het uitgangssignaal. Deze timing is geschetst in figuur 4/14.82-4. Hieruit volgt dat een complete cyclus ongeveer 7 s duurt en dat de drie tonen elkaar overlappen. Iedere toon sterft langzaam uit, de duur van één toon bedraagt ongeveer 4,25 s. De getekende timing geldt voor een oscillatorfrequentie van 13,2 kHz. Uit de tekening volgt verder dat de amplitudes van de drie tonen niet aan elkaar gelijk zijn. De verhouding bedraagt 1 op 0,89 op 0,67. Na de volledige cyclusduur van 6,98 s kan men onmiddellijk een nieuwe cyclus starten door het aanleggen van een positieve flank op de E-ingangen.



Figuur 4/14.82-4: De "Logic unit" zorgt voor de timing van het uitgangssignaal.

De drie D/A-omzetters vertalen de vier bit brede informatie van de drie uitgangen van de "Logic unit" in drie trapvormige stromen met de juiste frequenties. De D/A-omzetters wekken uitgangsstromen op die stapsgewijs afnemen in grootte. De drie uitgangen zijn parallel geschakeld en de totale stroom I_t stuurt een stroomversterker "Current amplifier". De "Loudness-generator" levert de noodzakelijke referentiestroom I_L voor het DAC-gedeelte. Deze stroom is afhankelijk van de weerstand die tussen pen 4 en de massa is geschakeld.
De "Current amplifier" zorgt voor een stroomversterking van 1.600 maal, zodat de ingangsstroom I_i van ongeveer maximaal 470 µA wordt versterkt tot een uitgangsstroom van maximaal 750 mA. De uitgangstrap bestaat uit een NPN-

14.82 Driekanaals melodieuze deurbel

transistor waarvan de emitter aan massa ligt en de collector aangesloten is op pen 2 (Q). Deze transistor heeft dus een "open collector"-structuur en de luidspreker moet dan ook tussen de collector-uitgang en de voeding aangesloten worden. De fabrikant stelt dat het aanbregen van wat capaciteit over de luidspreker in de smaak valt van het menselijke gehoor. Het blok "Junction control" zorgt voor de temperatuurbewaking van de chip. Stijgt de temperatuur boven ongeveer 170 °C, dan krijgt het D/A-gedeelte een stoppuls aangeboden en daalt de stroom I_i tot nul. De uitgangsstroom valt dan natuurlijk ook weg. De schakeling wordt weer geactiveerd als de temperatuur lager wordt dan ongeveer 150 °C. Deze thermische beveiliging geeft een bescherming van het IC, zelfs bij kortsluiting van de uitgang.

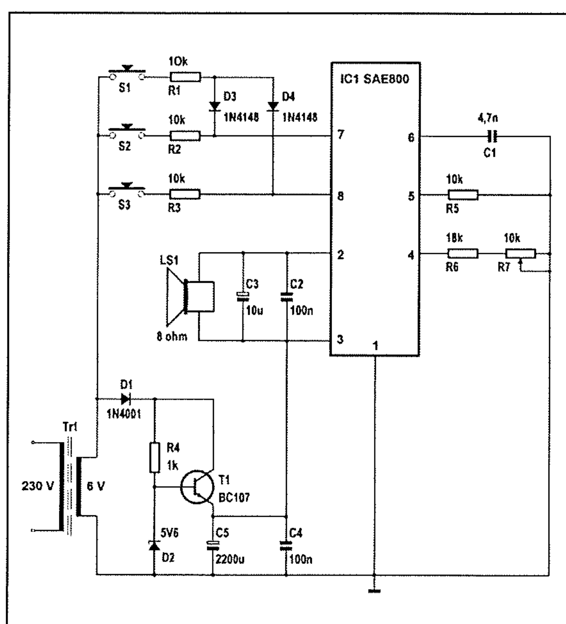
Technische gegevens

De voornaamste technische gegevens:

- voedingsspanning:
  +2,8 V min., +18 V max.
- voedingsstroom:
  10 µA in stand-by
  10 mA in werking (open uitgang)
- spanningen op E-ingangen:
  +18 V max.
  1,6 V triggerwaarde
- stromen in E-ingangen:
  3 mA max.
- passief/actief-drempel van E:
  0,3 V max.
- uitgangsstroom:
  750 mA max.
- oscillator-frequentie:
  100 kHz max.
- temperatuur:
  +125 °C max.

De schakeling van de deurbel

In figuur 4/14.82-5 is het volledig schema van deze deurbel getekend. De voeding van het IC wordt afgeleid uit de bestaande beltrafo van 6 V. Deze wisselspanning wordt gelijkgericht met D1 en door middel van de weerstand R4 en de zener D2 gestabiliseerd op 5,6 V. Op de emitter van transistor T1 staat dus een spanning van ongeveer 5 V, de voedingsspanning voor de schakeling.



Figuur 4/14.82-5: Het schema van de driekanaals deurbel.

De drie drukknoppen S1, S2 en S3 worden gestuurd uit de secundaire spanning van de beltrafo. De weerstanden R1, R2 en R3 begrenzen de ingangsstroom van de pennen 7 en 8 van het IC op een veilige waarde. Met de instelpotentiometer R7 kunt u het volume van de gong instellen. Over de luidspreker zijn twee condensatoren geschakeld, die zorgen voor het afvlakken van de trapvormige spanningen en het geluid wat harmonieuzer maken.

14.82 Driekanaals melodieuze deurbel

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R2,R3,R5	10 kΩ	
R4	1 kΩ	
R6	18 kΩ	

INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 5 x 10 mm

R7	10 kΩ	

CONDENSATOREN

C1	4,7 nF	MKH
C2,C4	100 nF	MKH
C3	10 µF	16 V printelco
C5	2.200 µF	16 V printelco

HALFGELEIDERS

D1	1N4001
D2	5V6 zenerdiode 400 mW
D3,D4	1N4148
T1	BC107
IC1	SAE800

DIVERSEN

1	luidspreker, 8 Ω, hoogrendement
3	deurbel drukknoppen
1	beltrafo 6 V
1	IC-voetje, DIL-8
7	printsoldeerlipje

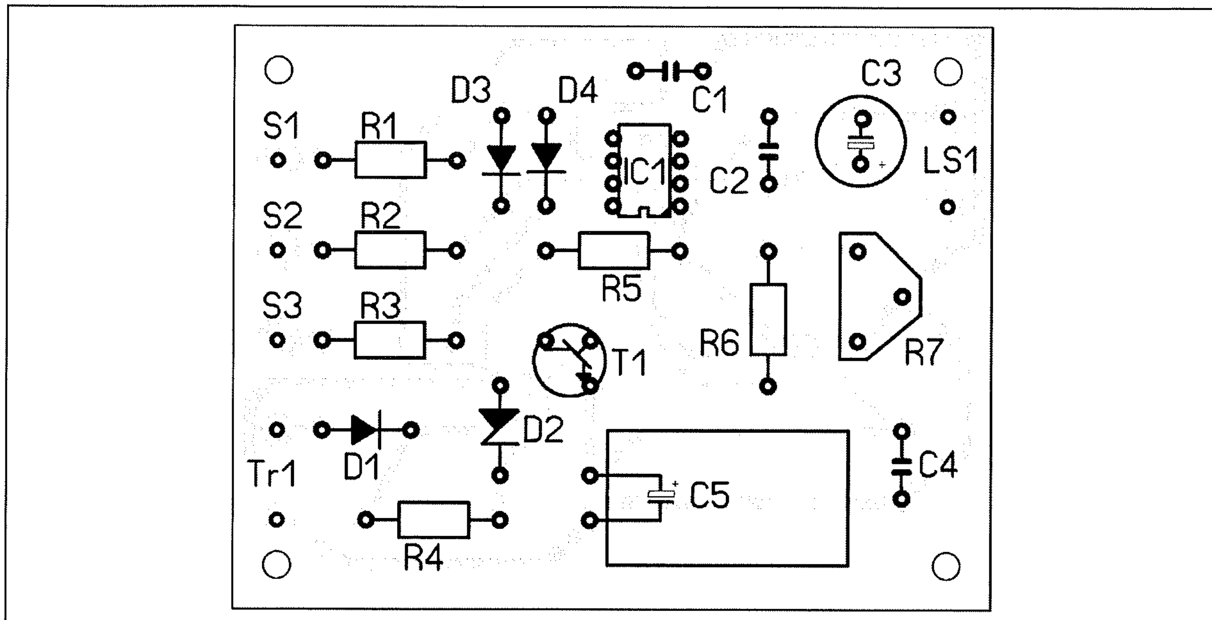
De bouw van de schakeling

In figuur 4/14.82-6, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, is het printontwerpje voorgesteld. Figuur 4/14.82-7 geeft de componentenopstelling. De printelco C5 wordt plat op de print gemonteerd. De foto van figuur 4/14.82-8 geeft een impressie van de compleet gemonteerde print.

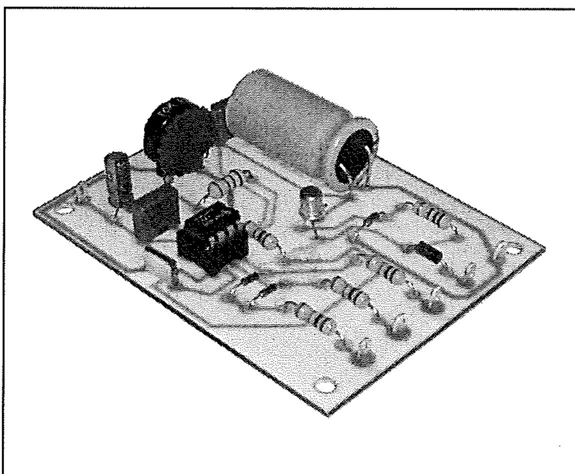
Eindmontage

In figuur 4/14.82-9 is geschetst hoe u de beltrafo, de luidspreker en de drie drukknoppen op het printje moet aansluiten. Het printje kan het best in de meterkast naast de beltrafo worden gemonteerd en met een vieraderig kabeltje worden verbonden met de drie drukknoppen naast de voordeur.

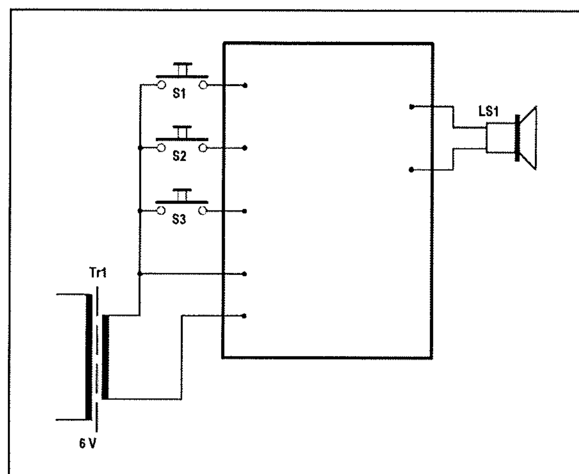
14.82 Driekanaals melodieuze deurbel



Figuur 4/14.82-7: De componentenopstelling van de print.

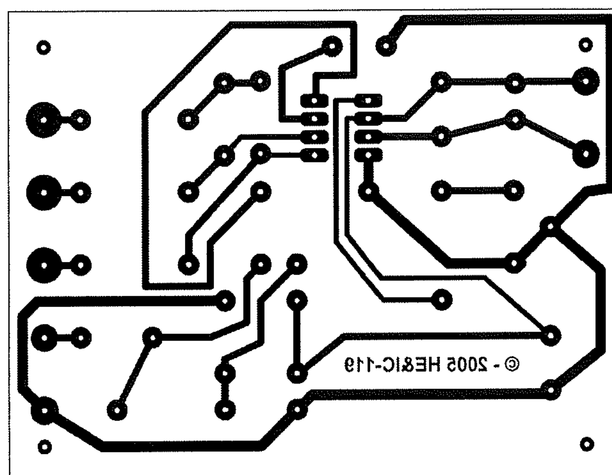


Figuur 4/14.82-8: Het prototype van de schakeling.



Figuur 4/14.82-9: De bedrading rond het printje.

14.82 Driekanaals melodieuze deurbel



Figuur 4/14.82-6: De print van de driekanaals deurbel.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

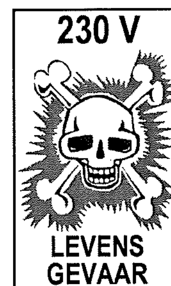
OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

14.82 Driekanaals melodieuze deurbel

4/14.83

Vermogensregeling met “pakketbesturing”



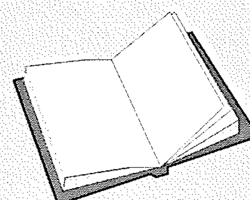
Inleiding
In oudere huizen, die niet met de zegeningen van een centrale verwarming zijn uitgerust, worden een of meerdere kamers die niet continu in gebruik zijn, vaak verwarmd met elektrische straalkachels. Deze apparaatjes zijn meestal opgebouwd uit twee verwarmingsspiralen, die afzonderlijk of gezamenlijk ingeschakeld kunnen worden. Het nadeel van deze driestandenregeling is, dat het meestal in de ene stand net iets te koud is en in de volgende stand net iets te warm. Uiteraard wordt dan toch meestal voor het te warme gekozen. Weliswaar hebben deze straalkacheltjes een thermostaat, maar die staat op de meest ongunstige plaats die u voor een thermostaat kunt verzinnen: op de plaats waar de warmte vandaan komt.
In dit hoofdstuk wordt een eenvoudige elektronische schakeling beschreven, die de warmte-opbrengst van een elektrische ventilatorkachel in tien standen kan regelen. Met een dergelijke regeling kunt u een veel verfijndere temperatuursinstelling krijgen dan met de standaard driestanden plus thermostaat.

Overige toepassingen
De schakeling heeft nog veel meer toepassingen. U kunt er iedere elektrische verwarming mee sturen, dus ook ouderwetse kookplaten die op 230 V werken en die geen standenschakelaar hebben, verwarmingen voor allerlei chemische baden, etc.

Wat er niet mee kan
Wij schreven “verwarmingen” en dat deden wij niet voor niets. Met deze schakeling kunt u géén lampen of motoren aansturen! Dat heeft te maken met de pakketbesturing, die ideaal is voor het aansturen van verwarmingselementen, maar waar motoren en lampen absoluut niet mee uit de voeten kunnen.

Principe van de schakeling
In principe laat het vermogen van een verwarmingselement, net zoals dat van lampen of boormotoren, zich regelen met een eenvoudige triac netspanningsregelaar, zoals bijvoorbeeld beschreven

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/18.1
Hoofdstuk 3/18.2



14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

in hoofdstuk 4/14.76. Deze eenvoudige apparaten werken volgens het principe van de faseregeling, waarbij het vermogen geregeld wordt door een groot of klein gedeelte van de netspanningssinus aan de verbruiker aan te bieden.
Het nadeel van dit systeem bij grote verbruikers, wat verwarmingstoestellen zijn, is dat zeer grote momentele piekstromen in het net optreden. Als bijvoorbeeld de triac zo ingesteld wordt, dat de netspanning wordt ingeschakeld als ze haar maximale waarde bereikt heeft (324 V), dan zal bij sturing van een kachel van 2000 W er een inschakelstroom van 12,23 A door de netleiding vloeien. Deze piekstroom treedt dan bovendien 100 maal per seconde op. Dat levert een heleboel hogere harmonische storingen op, die moeilijk weg zijn te filteren.
Bij sturing van lampen of motoren is men op dit alles behalve ideale systeem aangewezen. Beide verbruikers vragen een regelmatige levering van spanning. Een lamp gaat bijvoorbeeld al hinderlijk knipperen als de intensiteit verminderd wordt door het tussenschakelen van een diode, aangezien dan alleen de positieve halve perioden de lamp voeden. Ook een motor zal niet goed en regelmatig werken, als hij niet 100 keer per seconde van spanning wordt voorzien.
Bij verwarmingselementen ligt de zaak aanmerkelijk eenvoudiger. Een kacheltje blijft goed werken, ook als het niet regelmatig met het net verbonden wordt. Het enige gevolg is dat de warmteopbrengst gaat dalen. Hiermee is de basis gelegd van de werking van deze schakeling. Bij dit apparaat wordt het vermogen geregeld door variatie van het aantal perioden van de netspanning, dat tot de verbruiker worden toegelaten.

In de inleiding is reeds gesteld dat de schakeling in tien stappen regelt. Het ligt dan voor de hand dat als referentie voor de regeling een groep van tien achtereenvolgende perioden van de netspanning wordt genomen. Moet het kacheltje op vol vermogen branden, dan worden alle tien perioden van de groep aan de verbruiker aangeboden. Mag het kacheltje wat minder hard branden, dan worden negen perioden doorgelaten en één gesperd. In de laagste stand van de regelaar wordt van elke tien achtereenvolgende perioden er slechts één doorgelaten.

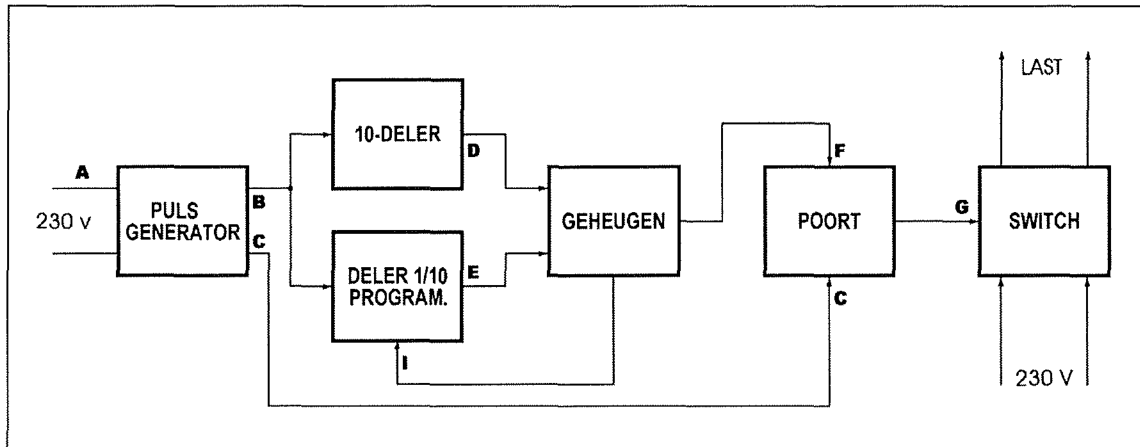
Het grote voordeel

Het grote voordeel van dit systeem ligt voor de hand. De spanning aan de verbruiker blijft sinusvormig verlopen, zodat eveneens de stroom sinusvormig is. Plotselinge stroompieken worden vermeden. Het in- en uitschakelen van de verbruiker gebeurt telkens bij het begin en einde van een periode, dus op het ogenblik dat de momentele waarde van de netspanning nul is.
Er ontstaan absoluut geen hogere harmonischen in het systeem, de schakeling stoort niet.

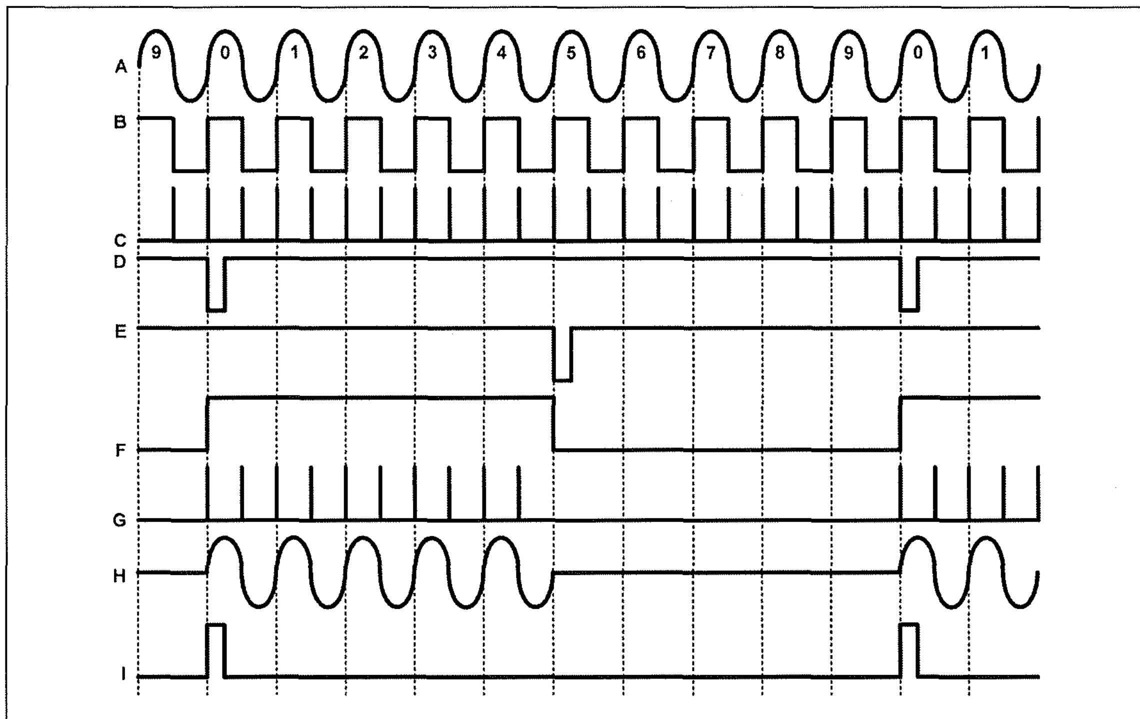
Blokschema

Uit de bespreking van de werking van de schakeling volgt duidelijk dat het apparaat in staat moet zijn het aantal sinussen van de netspanning te tellen. Er moet dus een digitale schakeling aanwezig zijn, die dat tellen voor haar rekening neemt. Naast het digitale gedeelte moet een lineaire schakeling uitgedacht worden die de netspanning aan- en uitschakelt op bevel van het digitale gedeelte. Als schakelaar wordt uiteraard een triac gebruikt.

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"



Figuur 4/14.83-1: Het blokschema van de universele vermogensregeling.



Figuur 4/14.83-2: De tijdsrelatie tussen de verschillende pulsen uit het blokschema.

Met deze wetenschap wordt het blokschema van figuur 4/14.83-1 zeer gemakkelijk te begrijpen.
Uit de netspanning moeten twee pulsen worden gevormd. De eerste puls heeft een frequentie van 50 Hz en stuurt de digitale TTL-schakelingen. Deze vierkantsspanning loopt synchroon met de netspanning. De triac moet, zoals bekend, gestuurd worden telkens de netspanning door nul gaat. De pulsgenerator levert dus eveneens een netgesyn-

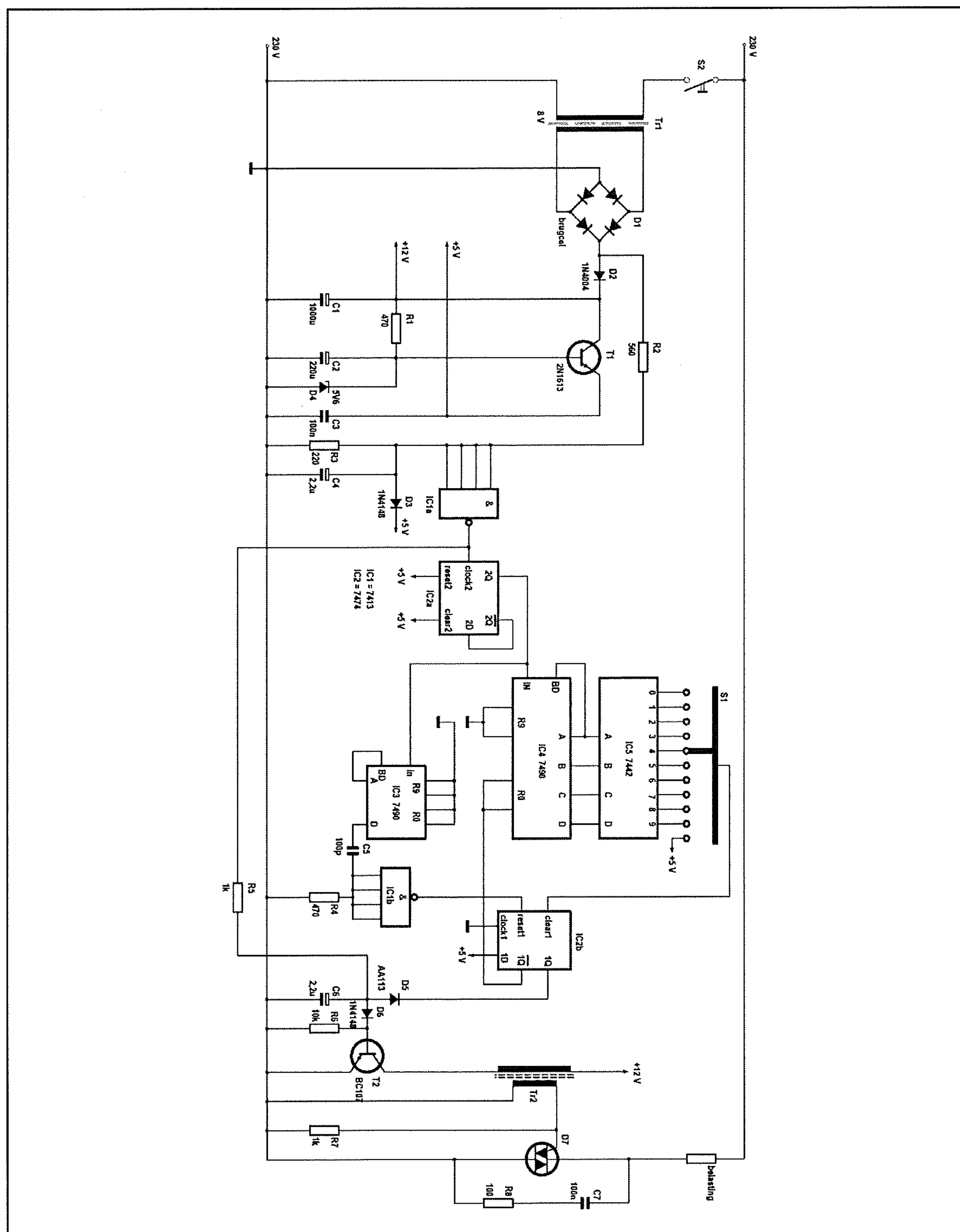
14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

chroniseerde 100 Hz pulstrein. In het vereenvoudigd pulsendiagram van figuur 4/14.83-2 is de relatie tussen de twee pulsvormen voorgesteld.
Zoals reeds opgemerkt moet de schakeling een groep van tien opeenvolgende netperioden kunnen detecteren. Hiervoor zorgt een tiendeler, die continu de aangeboden 50 Hz impulsen telt en om de tien pulsen een set-impuls D aan een geheugen levert. Dit geheugen opent via een uitgangssignaal F een poort, waardoor de triac-ontsteekpulsen C de elektronische schakelaar sturen en de belasting met de netspanning verbonden wordt. Een tweede telsysteem moet ervoor zorgen dat, na het doorlaten van het gewenste aantal perioden, de triac niet meer wordt gestuurd. Hiervoor wordt een beroep gedaan op een programmeerbare deler. De deelverhouding van deze schakeling is instelbaar van een tot en met negen. Nadat de teller het ingestelde aantal pulsen geteld heeft, wordt een uitgangspuls E geleverd. Beide tellers moeten op hetzelfde ogenblik starten. Een startimpuls I, afgeleid uit het geheugen, start de programmeerbare deler bij het begin van de telcyclus. Nadat het ingesteld aantal pulsen geteld is, zorgt de uitgangspuls E voor het omklappen van het geheugen. De poort sluit, de triac blijft verstoken van ontsteekpulsen, belasting en net worden niet langer met elkaar verbonden.

Het volledig schema
In figuur 4/14.83-3 is het volledig schema van het apparaatje getekend. Een transformator T1 voedt niet alleen de schakeling, maar levert eveneens de synchronisatiepulsen. De secundaire spanning van 8 V wordt met een bruggelijkrichter D1 omgevormd tot 100 positieve halve sinussen per seconde. De diode D2 houdt de voedende en de synchroniserende taken gescheiden. Na deze diode vindt u een klassieke voedingsschakeling. De 12 V gelijkrichterspanning wordt in een emittervolger T1 met een zenerdiode in de basis gereduceerd tot de 5 V TTL-voedingsspanning.
De halfsinusvormige pulsen op de uitgang van D1 moeten omgevormd worden in snelle en smalle ontsteekpulsen. Een schmitt-trigger NAND-poort IC1a knapt dit karweitje probleemloos op. De spanningsdeler R2-R3 reduceert de amplitude van de ingangsspanning en legt tevens de breedte van de ontsteekpulsen op de juiste waarde vast. De diode D3 beschermt de ingangen van de poort tegen overspannnigen, veroorzaakt door eventueel via het net ingevoerde stoorpieken. Alhoewel onderdrukking van hoogfrequente stoorpulsen eigenlijk niet noodzakelijk is (de schakeling reset zichzelf om de tien perioden), is toch een ontstoorelco C4 parallel aan de ingangen van de poort geschakeld.
Besluit is dat aan de uitgang van de poort IC1a een positieve puls van 5 V ontstaat, telkens wanneer de netspanning door het nulpunt gaat.

De digitale schakelingen
De ingangspulsen voor de telsystemen worden uit de ontsteekpulsen afgeleid door tussenschakeling van een als tweedeler werkende flip-flop IC2a. Deze D-type flip-flop ziet men niet zo vaak als tweedeler geschakeld, meestal wordt voor dergelijke toepassingen een JK flip-flop, zoals de 7473 gebruikt. Daarom wordt even bij de werking van de schakeling stil gestaan. Een D-type flip-flop heeft twee ingangen, een clock en een D en uiteraard twee uitgangen.

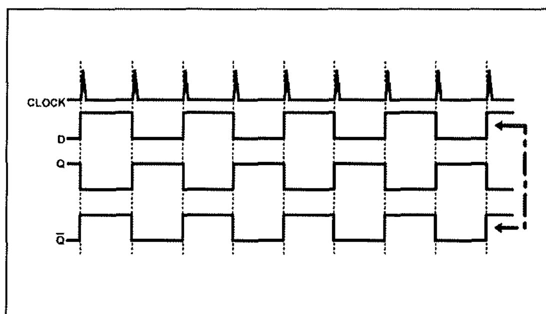
14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"



Figuur 4/14.83-3: Het volledig schema van de schakeling.

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

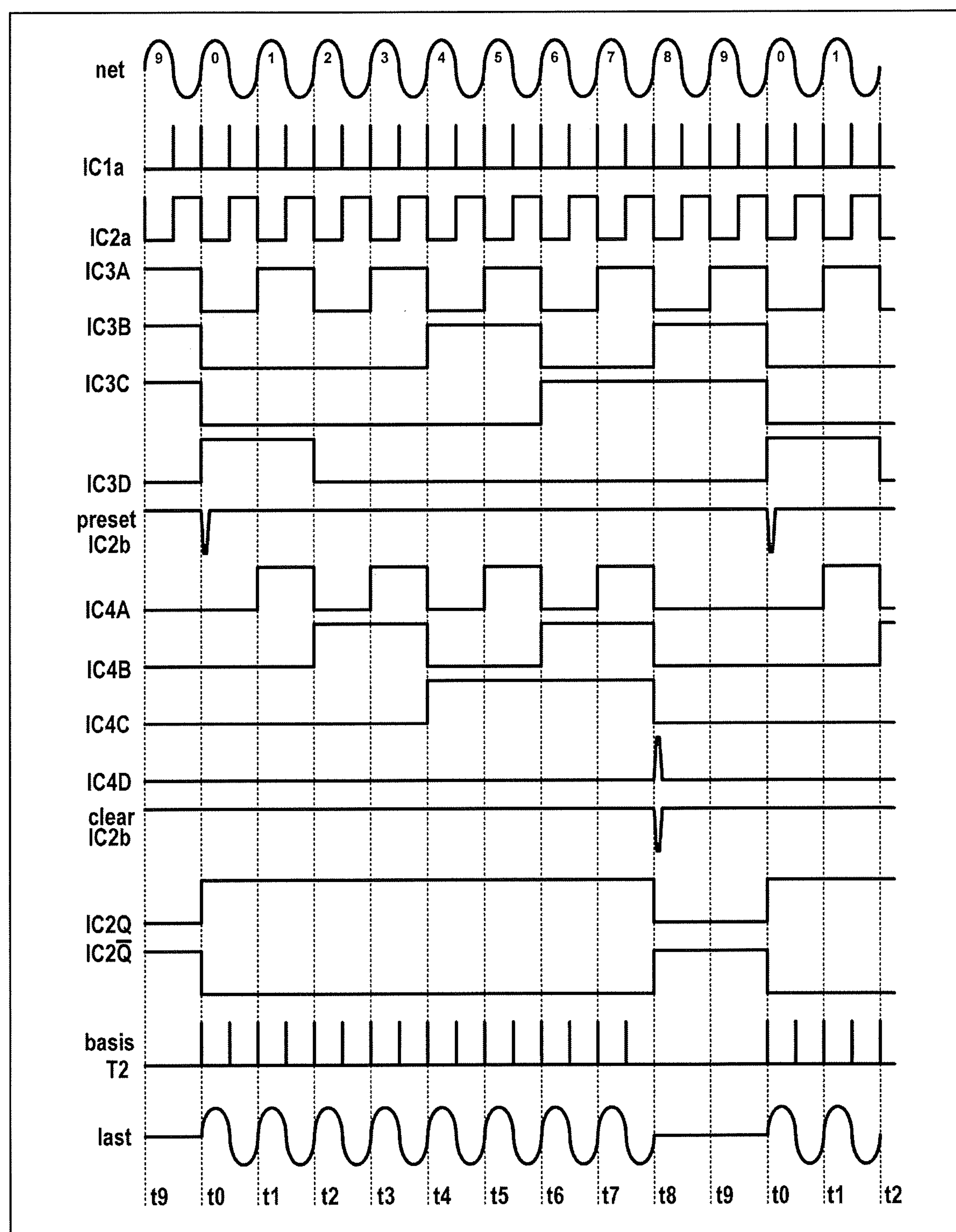
De informatie op de D-ingang wordt bij de positieve flank van de clock doorgegeven aan de Q-uitgang. Het volstaat bijgevolg de geïnverteerde uitgang met de D door te verbinden, om de gewenste tweedelerwerking te verkrijgen. Dit wordt aangetoond aan de hand van figuur 4/14.83-4.



Figuur 4/14.83-4: De werking als tweedeler van een type-D flip-flop wordt aan de hand van deze grafiek duidelijk.

Stel dat de Q-uitgang "H" is. De geïnverteerde uitgang en D zijn bijgevolg "L". Op de eerstvolgende positieve flank van het clock-signaal wordt deze lage D-informatie doorgegeven naar de Q-uitgang. Deze uitgang wordt "L", D bijgevolg "H". De volgende positieve flank op de clock brengt weer een hoog signaal op de uitgang, waardoor D weer laag wordt. De cyclus is rond, de tweedeler werking is aangetoond.
De uitgang van deze flip-flop stuurt de twee telsystemen.
De werking van het gehele telsysteem kan aan de hand van het volledige pulsendiagram van figuur 4/14.83-5 ontleed worden. De schakeling IC3 detecteert de groepen van tien opeenvolgende perioden. De uitgang D levert de informatie aan de geheugen flip-flop IC2b. De preset-ingang van dit element reageert op negatief gerichte pulsen. Bovendien mag de preset-puls slechts een paar tientallen nanoseconden breed zijn. De D-uitgang van IC3 wordt daarom door middel van een differentiator C5-R4 en een inverter IC1b omgevormd tot een negatieve naaldpuls.
De werking is als volgt. Normaal zijn de ingangen van de poort via de weerstand R4 met massa verbonden. De uitgang van de poort is "H". Bij de achtste telimpuls op de ingang van IC3 wordt de D-uitgang van dit IC "H". Deze uitgangspuls wordt door het passieve netwerk C5-R4 gedifferentieerd, wat wil zeggen dat alleen de snelle voorflank wordt doorgelaten. Gevolg is dat de uitgang van de poort gedurende een zeer korte tijd "L" wordt. Door dit preset-signaal zal de flip-flop IC2b triggeren, de uitgang Q wordt "H" en de geïnverteerde uitgang uiteraard "L".
Dit tijdstip is het begin van de werkingscyclus van de schakeling.
Opgemerkt kan worden dat de tienteller niet zijn normale pulsvolgorde doorloopt. Wat normaal als achtste puls wordt aangeduid (uitgangen van de tiendeler respectievelijk "L-L-L-H"), is nu de nulde puls van het systeem. Daar de teller IC3 volledig vrijlopend werkt, heeft dit geen consequenties voor de werking van het IC.
De geprogrammeerde teller is opgebouwd uit de combinatie van de IC's 7490 en 7442. Dit laatste IC is de eenvoudigste en meest bekende code-omzetter uit de TTL-familie: de schakeling vormt de BCD-code van de tienteller om in tien decimale uitgangspulsen. Alle uitgangen van het IC zijn "H", behalve de uitgang waarvan de decimale nomenclatuur overeenkomt met de BCD-code op de ingangsklemmen van het IC.

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"



Figuur 4/14.83-5: Het volledige timingschema van de schakeling.

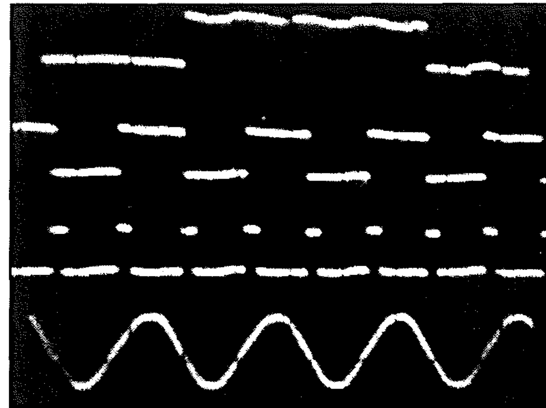
14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

De tien uitgangen van de code-omzetter worden door middel van een schakelaar aangeboden aan de clear-ingang van de geheugen flip-flop IC2b. De werking wordt besproken aan de hand van een voorbeeld. Stel dat de schakelaar S1 uitgang 8 van IC5 doorverbindt met de clear-ingang van IC2b.

Op tijdstip t0 (zie figuur 4/14.83-5) wordt de telcyclus gestart door de preset-puls van IC3. De geïnverteerde uitgang van flip-flop IC2b wordt "L". Deze spanning stuurt de reset-nul ingangen van de tienteller IC 4. Deze teller wordt dus voor tellen vrijgegeven. Op tijdstip t1 ontvangen beide tientellers een eerste ingangsimpuls en reageren door over te gaan in hun eerste teltoestand (uitgangen respectievelijk "H-L-L-L" en "H-L-L-H"). Op commando van de telpulsen tellen beide tellers verder. Op tijdstip t8 gaat IC4 naar toestand "L-L-L-H". De achtste decimale uitgang van de code-omzetter IC5 wordt bijgevolg "L". Deze negatieve spanningssprong wordt aan de clear-ingang van flip-flop IC2b aangeboden, met als gevolg dat dit element omslaat. De geïnverteerde uitgang van deze flip-flop wordt "H". Hierdoor wordt de teller IC4 gereset. Op het volgende tijdstip t0 herhaalt de cyclus zich.

De werking kan als volgt samengevat worden. Bij het begin van de telcyclus (t0) wordt de Q-uitgang van flip-flop IC2b "H". Deze toestand blijft bestaan tot het aantal periodes geteld is, dat met schakelaar S1 ingesteld is. Op dat ogenblik wordt de flip-flop uitgang "L". In figuur 4/14.83-6 is de werking samengevat. Schakelaar S1 was ingesteld op stand 2. Van onder naar boven:

- de netspanning;
- de ontsteekpulsen uit IC1a;
- de telingangspulsen uit IC2a;
- de uitgangspuls D van IC2b.



Figuur 4/14.83-6: De voornaamste pulsen uit het digitale deel van de schakeling in de praktijk.

Opmerking

Als de schakeling alle perioden moet doorlaten, zal het duidelijk zijn dat het digitale gedeelte uitgeschakeld moet worden. Het volstaat in dit geval de clear-ingang van de geheugen flip-flop met +5 V te verbinden. Dit wordt gedaan via de elfde stand van de schakelaar S1.

Het ontsteekcircuit

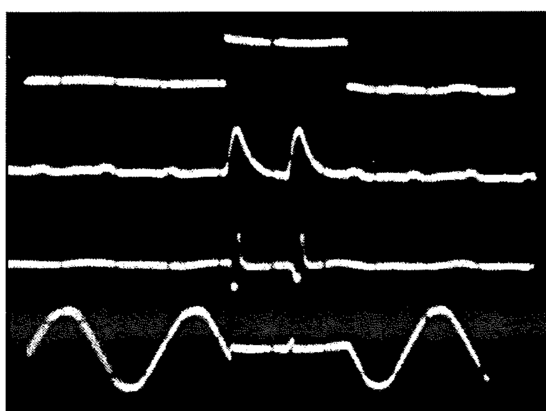
Rest de bespreking van de poort en het ontsteekcircuit. De poort is opgebouwd uit de componenten R5-D5-C6. De ontsteekpulsen worden via de weerstand aan het knooppunt van de drie onderdelen toegevoerd. Voor de werking wordt verwezen naar figuur 4/14.83-7. Van onder naar boven:

- de spanning over de triac;
- de spanning op de gate;
- het signaal op de basis van T2;
- de D-uitgang van IC2b.

Uit het voorgaande is gebleken, dat de poort de ontsteekpulsen moet sperren (triac gedoofd) als de Q-uitgang van de

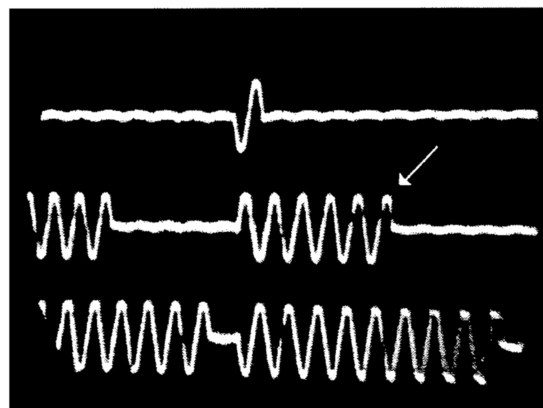
14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

geheugen-flip-flop "L" is. In deze situatie worden de positieve ontsteekpulsen via de diode D5 en de lage IC-uitgang kortgesloten naar massa. De noodzaak van elco C6 vereist enige toelichting. Verwezen wordt naar figuur 4/14.83-8. Bij het uitproberen van de schakeling bleek dat soms een halve periode meer door de triac werd doorgelaten dan was ingesteld. Op het tweede spoor worden bijvoorbeeld 5,5 perioden doorgelaten (zie pijl). Dit deed zich alleen voor als de triac begon te geleiden bij een positieve halve sinus. De oorzaak van deze moeilijkheid volgt uit figuur 4/14.83-9.

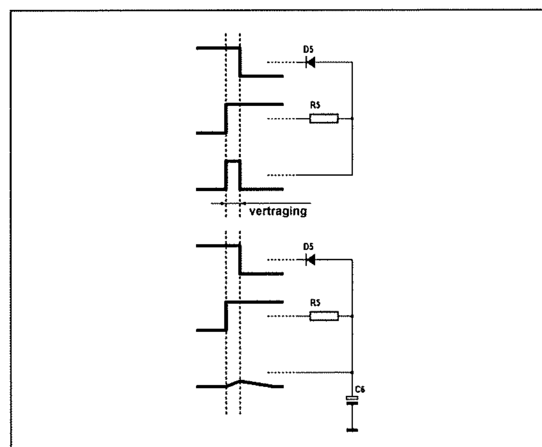


Figuur 4/14.83-7: De werking van de poort en de ontsteekschakeling in de praktijk.

De situaties zonder en mét C6 worden vergeleken. Uit de bespreking van het digitale gedeelte van de schakeling volgt dat het spersignaal voor de poort afgeleid wordt uit de ontsteekpulsen. Dit signaal heeft evenwel eerst vier IC's moeten doorlopen en komt dus vertraagd aan bij de poort. Gevolg is dat aan de uitgang van de poort een zeer smal pulsje ontstaat. Dit pulsje bleek evenwel breed genoeg om het ontsteekcircuit te activeren. Dat dit euvel alleen optrad bij positieve halve perioden valt te verklaren uit het feit dat een triac gemakkelijker is te sturen als de MT2 positief is ten opzichte van de MT1 dan vice versa.



Figuur 4/14.83-8: De spanning over de belasting bij drie verschillende instellingen van de schakeling. Met de pijl wordt het paracitaire ontsteken van de triac aangeduid. Deze foto werd genomen voordat de poortschakeling was aangepast.



Figuur 4/14.83-9: De oorzaak van het paracitaire triggeren wordt verklaard door de vertraging van het poortsignaal door de diverse IC's.

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

In figuur 4/14.83-9b is getekend hoe de condensator C6 korte metten maakt met het smalle paracitaire pulsje.
Het ontsteeksysteem is opgebouwd uit een als schakelaar werkende transistor en een ontsteektrafo.
Als de digitale schakeling door middel van IC2b besluit dat de triac niet mag ontsteken, dan krijgt de transistor T2 geen sturing. Het netwerk D6-R6 verhindert dat de restspanning van de poort toch voor geleiding zou zorgen. Er vloeit geen stroom door de transistor, de secundaire trafospanning is nul, de triac is gedoofd.
Gaat de poort open, dan sturen de ontsteekpulsen transistor T2 in geleiding. Er vloeit een flinke stroom door de primaire wikkeling van de trafo. Gevolg is een spanning over de secundaire wikkeling die de triac doet ontsteken.
De inzet van een ontsteektrafo is noodzakelijk. Het bleek niet mogelijk zonder dit onderdeel de relatief ongevoelige hoogvermogen triac's (ontsteekstroom tot 100 mA!) uit de beschikbare lage voedingsspanning te ontsteken.
Het netwerk C7-R8 verhindert dat de triac in geleiding komt door externe stoorpulsen op de netspanning.

Praktische opbouw
Bij het ontwerpen van de print is de goede gewoonte aangehouden deze zo te tekenen, dat alle onderdelen er op kunnen worden ondergebracht. Het nadeel van de wat grotere afmetingen weegt niet op tegen het voordeel dat de bedrading tot het uiterste minimum wordt beperkt. Tevens is rekening gehouden met de in de handel beschikbare goedkope kastjes. De afmetingen van de print zijn aangepast aan de afmetingen van het Teko P3 kastje. De figuur 4/14.83-10 en -11 geven de gebruikelijke bouwinformatie. Voor de transformator kan de goedkoopste 8 V printtrafo worden gebruikt. De voedingstransistor T1 (2N1613) moet voorzien worden van een koelsterretje. De schakelaar S1 is een 1 x 12 standen draaischakelaar. Hiervoor kunnen de bekende Japanse miniatuurtypen worden gebruikt, terwijl eveneens het type NU-M/V 1X12 van AB bruikbaar is (past direct op de print). Aan de 13 contacten worden draadjes gesoldeerd, nadien worden deze door de printgaatjes gewurmd, zodat het schakelaarlichaam tegen de print geduwd kan worden. Door het vastsolderen van de 13 draadjes zit het geheel muurvast. De netschakelaar S2 is een schuifschakelaar, groot model.
Deze wordt met afstandsbusjes en lange schroeven zó op de print geschroefd, dat hij net boven de trafo uitsteekt. Nadien wordt de schakelaar door middel van twee draadjes met de print verbonden. De ontsteektrafo heeft een wikkelverhouding van 1/10. Het in het proto-type gebruikte model is o.a. verkrijgbaar bij Conrad. De primaire kant is goudkleurig gemerkt. Bruikbare triac's worden in overvloed aangeboden. Ieder type is eigenlijk bruikbaar. Uiteraard moet de maximale stroom aangepast zijn aan het te schakelen vermogen. In het prototype werd een Silec triac gebruikt, namelijk type Tyal2210, die 16 A kan schakelen. Er moet aandacht besteed worden aan de koeling van deze elektronische schakelaar. Op de print is plaats voor een koellichaam van 20 x 85 mm^2. Bruikbaar is bijvoorbeeld een SK04 profiel, waarvan de buitenste twee ribben worden afgezaagd.
Tenslotte verdient het aanbeveling de drie kleine brede printbanen, die de gro-

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,4	470 Ω		
R2	560 Ω		
R3	220 Ω		
R5,7	1 kΩ		
R6	10 kΩ		
R8	100 Ω		

CONDENSATOREN

C1	1.000	µF	16 V axiale elco
C2	220	µF	12 V printelco
C3	100	nF	MKH
C4,6	2,2	µF	6 V axiale elco
C5	100	pF	ceramisch
C7	100	nF	400 V MKH

HALFGELEIDERS

D1	BY164
D2	1N4004
D3,6	1N4148
D4	5V6, 400 mW zenerdiode
D5	AA113
D7	triac, 15 A, 400 V
T1	2N1613
T2	BC107
IC1	7413 N
IC2	7474 N
IC3,4	7490 N
IC5	7442 N

DIVERSEN

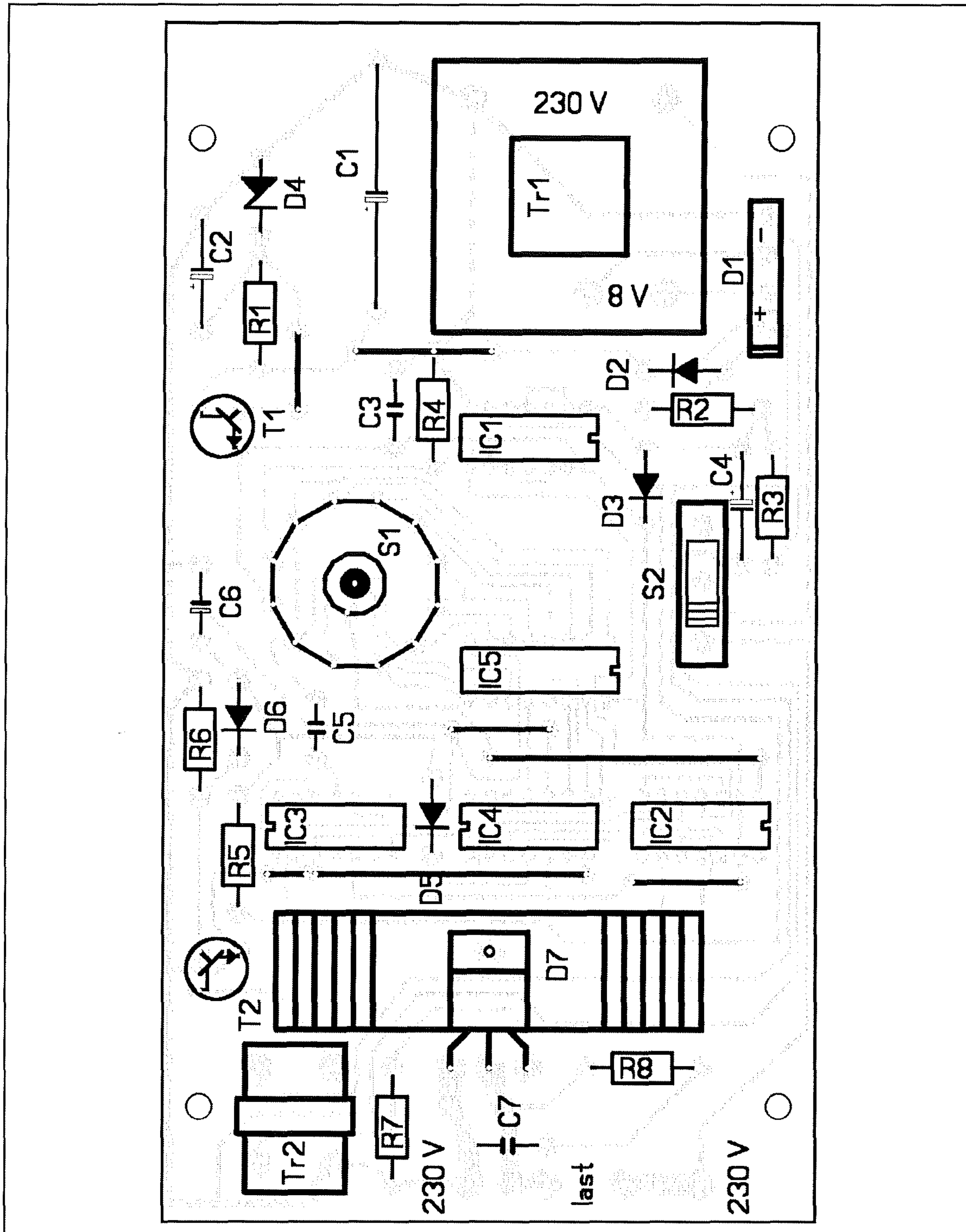
T1	1 x 8 V, 250 mA printtrafo
T2	ontsteektrafo, 1/10
S1	1 x 12 standenschakelaar
S2	schuifschakelaar, groot model
1	koelsterretje voor 2N1613
1	stukje koelprofiel SK04
1	Teko kastje model P3
1	drie-aderige netkabel met randaardesteker

te belastingsstroom voeren, van een dikke tinlaag te voorzien.

Testen van de schakeling
De schakeling kan getest worden met een gloeilamp als belasting. De lamp moet knipperen met een frequentie van 5 Hz. Naarmate de schakelaar S1 opengedraaid wordt, moet de intensiteit van de lamp toenemen.

Inbouw in een kastje
De inbouw in het kastje is zeer eenvoudig. In het frontpaneeltje worden vier gaten geboord voor de bevestiging van de print en een gat voor de schakelaar.

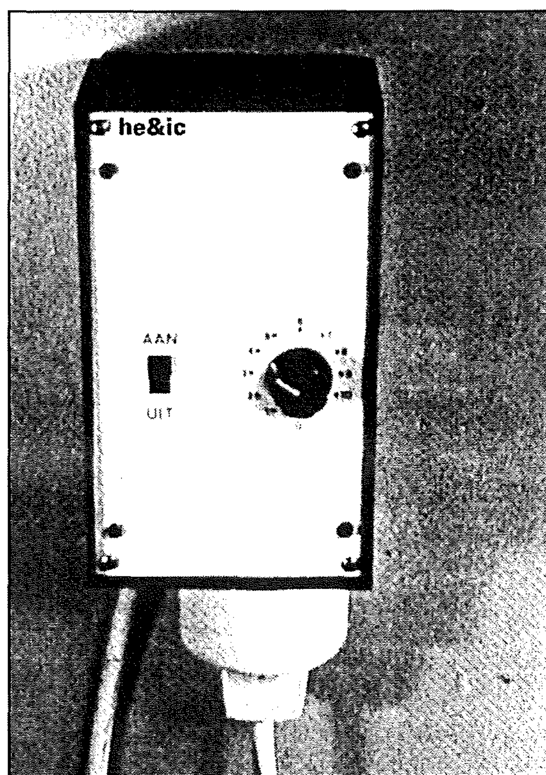
14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"



Figuur 4/14.83-11: De componentenopstelling van de print.

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

Een rechthoekig gat voor de aan/uit-schakelaar beëindigt de bewerking van de voorplaat. In de boven- en onderzijde van het plastic kastje wordt een handjevol koelgaten geboord. Aan de onderzijde komt een gat voor de nettoevoer en kan een contactdoos worden gemonteerd voor het aansluiten van de belasting.
Het resultaat is voorgesteld in figuur 4/14.83-12.



Figuur 4/14.83-12: De schakeling is klaar voor gebruik.

Gebruik van de schakeling
Deze schakeling kan dan wel grote inschakelpiekstromen elimineren, maar trekt toch heel wat pulserend vermogen uit het net. Om hinderlijke intensiteitsdalingen van de verlichting in huis te voorkomen, veroorzaakt door de spanningsval in oude en slechte leidingen, verdient het aanbeveling de schakeling van de kachel via een nieuwe eigen leiding rechtstreeks uit een zekering van de meterkast te voeden.
De juiste instelling van de schakelaar is uiteraard afhankelijk van de buitentemperatuur, het vermogen van het kacheltje en de grootte van de te verwarmen ruimte. Een en ander kan alleen uit de praktijk blijken. Wel kan zonder meer worden verwacht dat de bouwkosten van de schakeling snel door de verminderde stookkosten zullen worden terugverdiend.

Belangrijke opmerking
Ondanks de aanwezigheid van een voedingstrafo is de volledige schakeling van deze vermogensregeling tóch rechtstreeks met het net verbonden en dus levensgevaarlijk. Wees zeer voorzichtig bij het eventueel experimenteren met de schakeling! Gebruik bij het experimenteren altijd een scheidingstrafo!

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

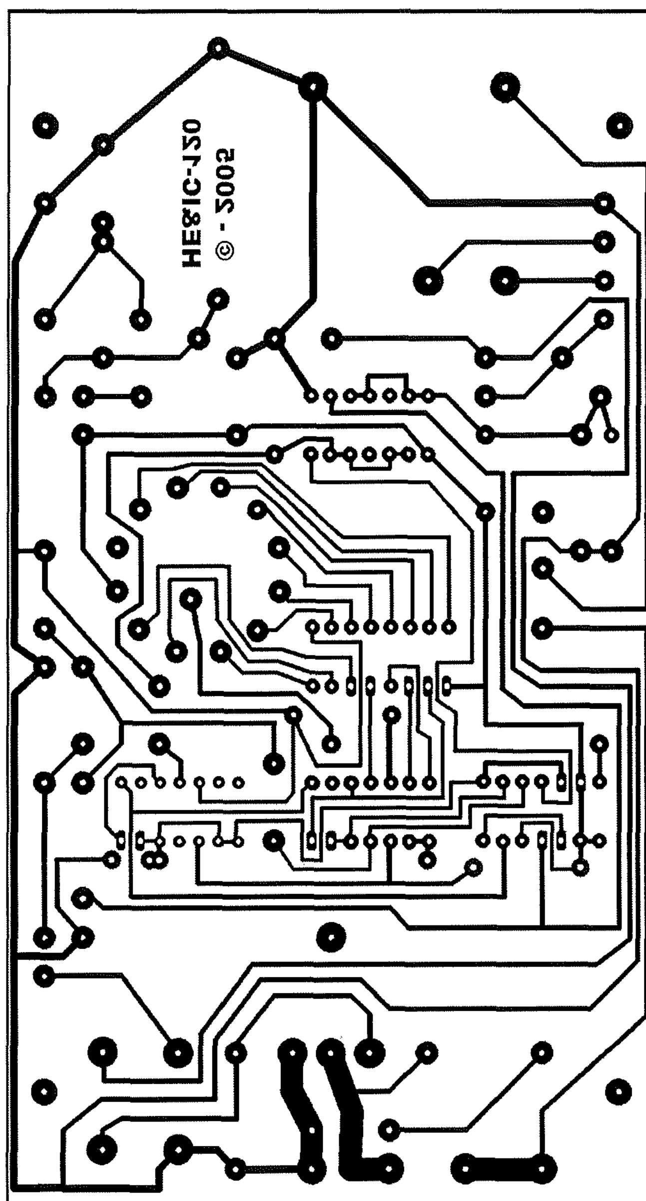
U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.



Figuur 4/14.83-10: De print voor de schakeling.

14.83 Vermogensregeling met "pakketbesturing"

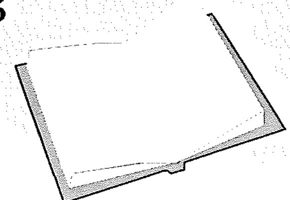
4/14.84

Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

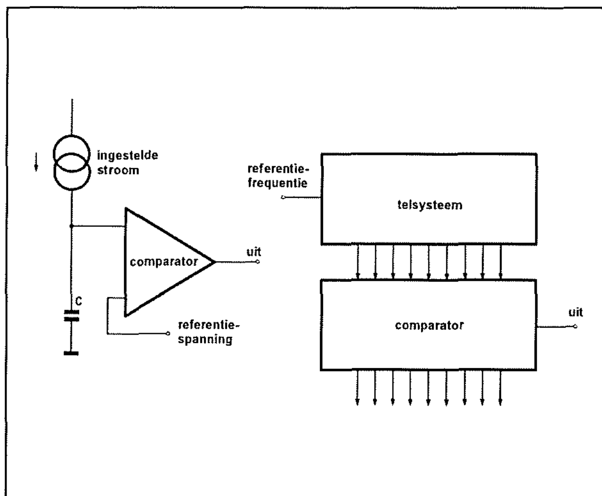
Inleiding
De tijd is een vreemd verschijnsel. Enerzijds worden wetenschappelijke en filosofische denkers reeds eeuwen geconfronteerd met de beperkingen van de menselijke geest bij het zoeken naar een sluitende definitie voor dit begrip. Anderzijds is de tijd zo in het dagelijkse leven doorgedrongen dat we er letterlijk mee naar bed gaan en er mee opstaan.
Redenerend met aardse normen kan de tijd het best gedefinieerd worden als de mate van ongelijkheid tussen het plaatsvinden van twee verschijnselen. Om deze mate van ongelijkheid of kortweg dit tijdverschil te kunnen meten en reproduceren, heeft de mens in de loop der eeuwen steeds geperfectioneerdere apparaten bedacht, van de zandloper over de water- en mechanische klokken tot aan de moderne cesium atoomklok.
De in dit hoofdstuk beschreven schakelklok is een nauwkeurige en eenvoudig na te bouwen elektronische zandloper met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten. De klok schakelt na afloop van de ingestelde tijd een relais uit en een acoustisch signaal in.

Ontwerpfilosofie
Een elektronische schakeling die een tijdverloop moet meten, kunt u op twee manieren opbouwen. De eenvoudigste en goedkoopste is de analoge waarbij de spanning over een condensator, die door een gedefinieerde stroom wordt opgeladen, als elektronisch equivalent van de tijd wordt beschouwd. De tweede manier is de digitale, waarbij een telsysteem door pulsen met een gedefinieerde frequentie wordt gestuurd en waar de inhoud van het telsysteem als maat voor de tijd wordt gebruikt. Beide systemen worden vergeleken in figuur 4/14.84-1.
Beide manieren hebben voor- en nadelen.
De analoge schakeling is goedkoop, maar heeft het nadeel dat het bereik en de ijking afhankelijk zijn van de toleranties van de gebruikte onderdelen en voor een nabouwproject, waar de meest vreemdsoortige componenten gebruikt worden, moeilijk universeel is te maken.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.12
Hoofdstuk 4/14.13
Hoofdstuk 4/14.32
Hoofdstuk 4/14.45



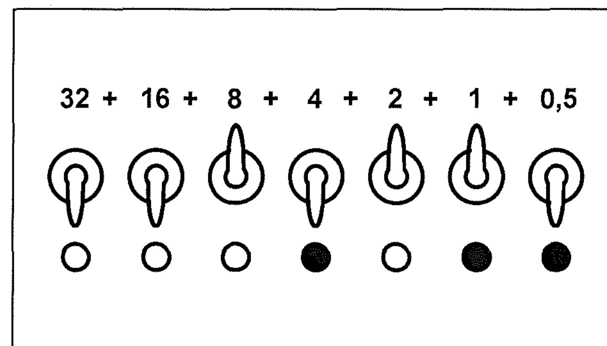
14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten



Figuur 4/14.84-1: Vergelijking van het principe van de analoge en de digitale tijdschakeling.

De ijking is dus het probleem van de nabouwer en deze zal er, bij gebrek aan apparatuur, niet in slagen de schakelklok nauwkeurig te ijken. Een tweede nadeel van de analoge schakelingen is dat het zeer moeilijk is er lange tijden mee in te stellen. Dan laten allerlei moeilijk in de hand te houden eigenschappen, zoals temperatuur, lekstromen en isolatieweerstanden hun invloed gelden.
De digitale methode heeft deze nadelen niet. De nauwkeurigheid is alleen afhankelijk van de nauwkeurigheid van de referentiefrequentie. Het bereik kan zonder moeilijkheden zo groot gemaakt worden als u wilt. Het nadeel van de digitale ontwerpen is dat codeconverties moeten worden toegepast. De schakelingen in het apparaat werken immers per definitie met de digitale binaire code en de tijdcodering werkt volgens een zestigdelig stelsel. Tussen de tijdinstelschakelaars en de digitale schakeling en tussen deze schakeling en de indicatoren moeten dus "vertalers" worden geschakeld, waardoor het ontwerp complex wordt.

Bij het ontwerp van deze schakelklok is gekozen voor een compromis. De klok werkt digitaal, maar het instellen van de gewenste tijd en de indicatie van de getelde tijd gebeurt eveneens binair. De wijze waarop dit compromis werkt is voorgesteld in figuur 4/14.84-2.



Figuur 4/14.84-2: Bij deze tijdklok wordt de tijd ingesteld door middel van zeven schakelaars. De tijd is gelijk aan de som van de binaire "gewichten" van de ingedrukte schakelaars.

De tijd wordt ingesteld met zeven schakelaars. Iedere schakelaar heeft een bepaald "binair gewicht". Deze gewichten volgen de binaire code en zijn dus respectievelijk gelijk aan 0,5 - 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32. De ingestelde tijd is gelijk aan de som van de gewichten van de ingedrukte schakelaars. In het voorbeeld van figuur 4/14.84-2 zijn de schakelaars 8, 2 en 1 ingedrukt en de ingestelde tijd is dus 8 + 2 + 1 = 11. De indicatie van de getelde tijd geschiedt op dezelfde wijze. Onder de schakelaars bevinden zich zeven LED's, die door al dan niet te branden aanduiden hoe het telproces vordert. In het voorbeeld van figuur 4/14.84-2 branden de LED's 4, 1 en 0,5, zodat 4 + 1 + 0,5 = 5,5 eenheden zijn geteld.
Deze methode lijkt een beetje moeilijk, maar na even wennen zult u de schakel-

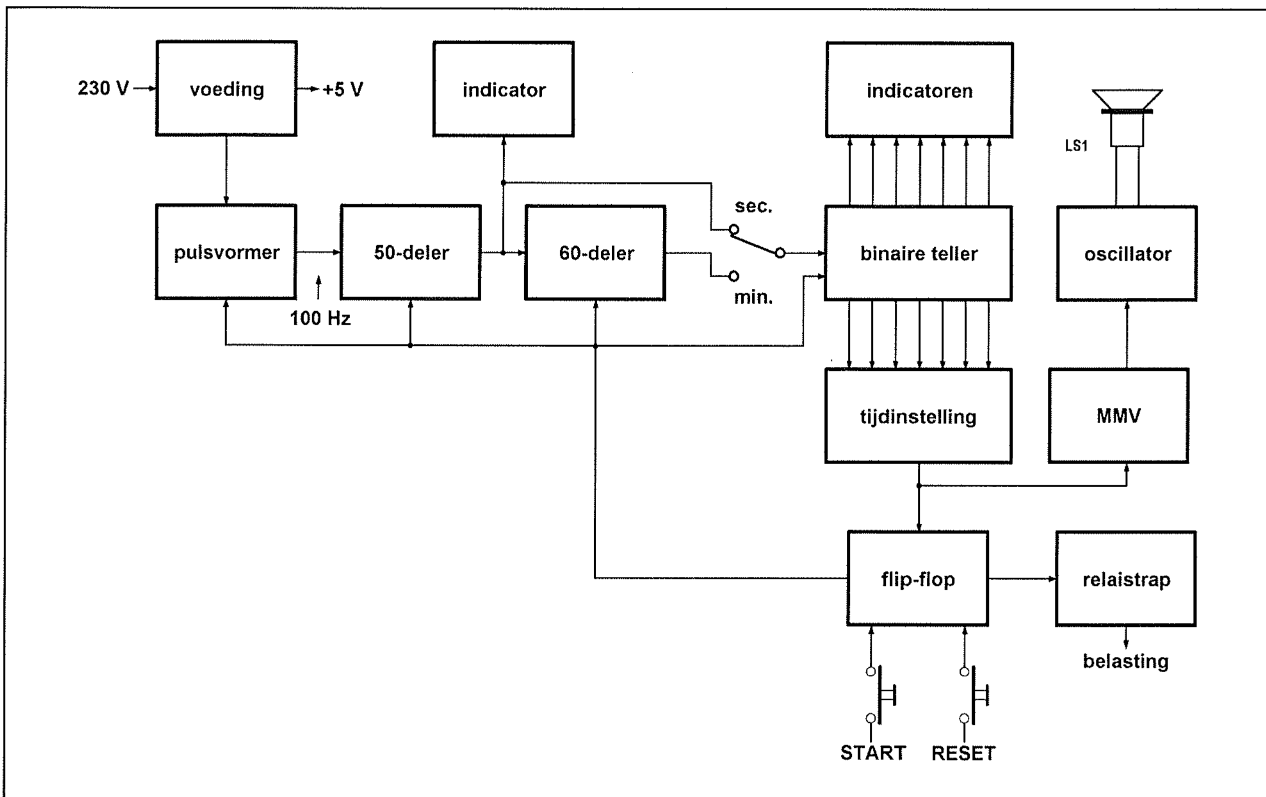
14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

klok zonder problemen bedienen. Om het apparaat zo universeel mogelijk te maken zijn twee bereiken ingevoerd. In het eerste bereik telt de klok seconden, zodat dit bereik gaat van 0,5 seconde tot en met 63,5 seconden. De resolutie is 0,5 seconde. In de tweede stand van de bereikenschakelaar telt het apparaat minuten, zodat de instelgrenzen 0,5 minuut en 63,5 minuten zijn. In deze stand kunt u de klok gebruiken bij het vervaardigen van printen (5 minuten belichten, 3 minuten ontwikkelen, 15 minuten etsen), terwijl er uiteraard eveneens toepassingen in de keuken te bedenken zijn.
De klok stuurt een relais, zodat u bijvoorbeeld uw belichtingsbak rechtstreeks op het apparaat kunt aansluiten. Voor toepassingen waar deze rechtstreekse sturing niet mogelijk is (in de keuken, bijvoorbeeld), is een acoustisch alarm ingebouwd dat na het verlopen van de ingestelde tijd gedurende vijf seconden een doordringend fluittoontje laat horen.
Behalve de acht reeds genoemde schakelaars is de klok uitgerust met een netschakelaar, een START-toets en een RESET-knop. Bij het inschakelen van de klok gaat een LED continu branden. Drukt u op de START-knop, dan start het telproces en wordt het relais bekrachtigd. De eerdergenoemde LED gaat bovendien knipperen met een frequentie van 2 Hz, zodat u een zichtbare indicatie van het in werking zijn krijgt. Bij het bedienen van de RESET-schakelaar valt het relais af en reset de gehele schakeling.

Blokschema van de schakelklok

Het blokschema van de schakeling is in figuur 4/14.84-3 weergegeven. Een geïntegreerde spanningsregelaar verzorgt de +5 V voeding voor de schakeling. Uit de voeding wordt een 100 Hz signaal betrokken dat in een pulsvormer wordt ontdaan van stoorpulsen en geschikt gemaakt voor het sturen van de TTL-schakelingen waarmee het apparaat is opgebouwd. Een 50-deler deelt deze impulsen, zodat aan de uitgang een signaal met een frequentie van 2 Hz ontstaat. Deze pulstrein stuurt de indicator en wordt aan één contact van de bereikenschakelaar aangeboden. Een 60-deler voorziet het tweede contact van deze schakelaar van halve minuut pulsen.
Het hart van de schakeling is een binaire telketen, opgebouwd uit zeven als tweedeler geschakelde flip-flop's. Deze bistabiele elementen sturen enerzijds de indicator-LED's en anderzijds de instelschakelaars. In rust worden alle telsystemen en de pulsvormer koest gehouden door een uitgang van de start-reset flip-flop. Dit IC beveelt eveneens de relaistrap. Drukt u op de START-toets, dan schakelt de FF om en de tellers worden vrijgemaakt. Het relais schakelt in, de belasting wordt met het net verbonden. Nadat de ingestelde tijd is geteld, stuurt de tijdinstelling een resetimpuls naar de start-reset flip-flop. De volledige telketen wordt gereset en het relais valt af. Bovendien stuurt de tijdinstelling een puls naar een monostabiele multivibrator. Deze heeft een periode van ongeveer vijf seconden. De uitgang van deze MMV stuurt gedurende deze tijd een oscillator, verbonden met de luidspreker.
Het telproces kan afgebroken worden door het bedienen van de RESET-drukknop. De flip-flop schakelt om, de tellers worden gereset en het relais afgeschakeld. Uiteraard wordt de monostabiele schakeling niet gestuurd. U kunt het telproces dus steeds afbreken.

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten



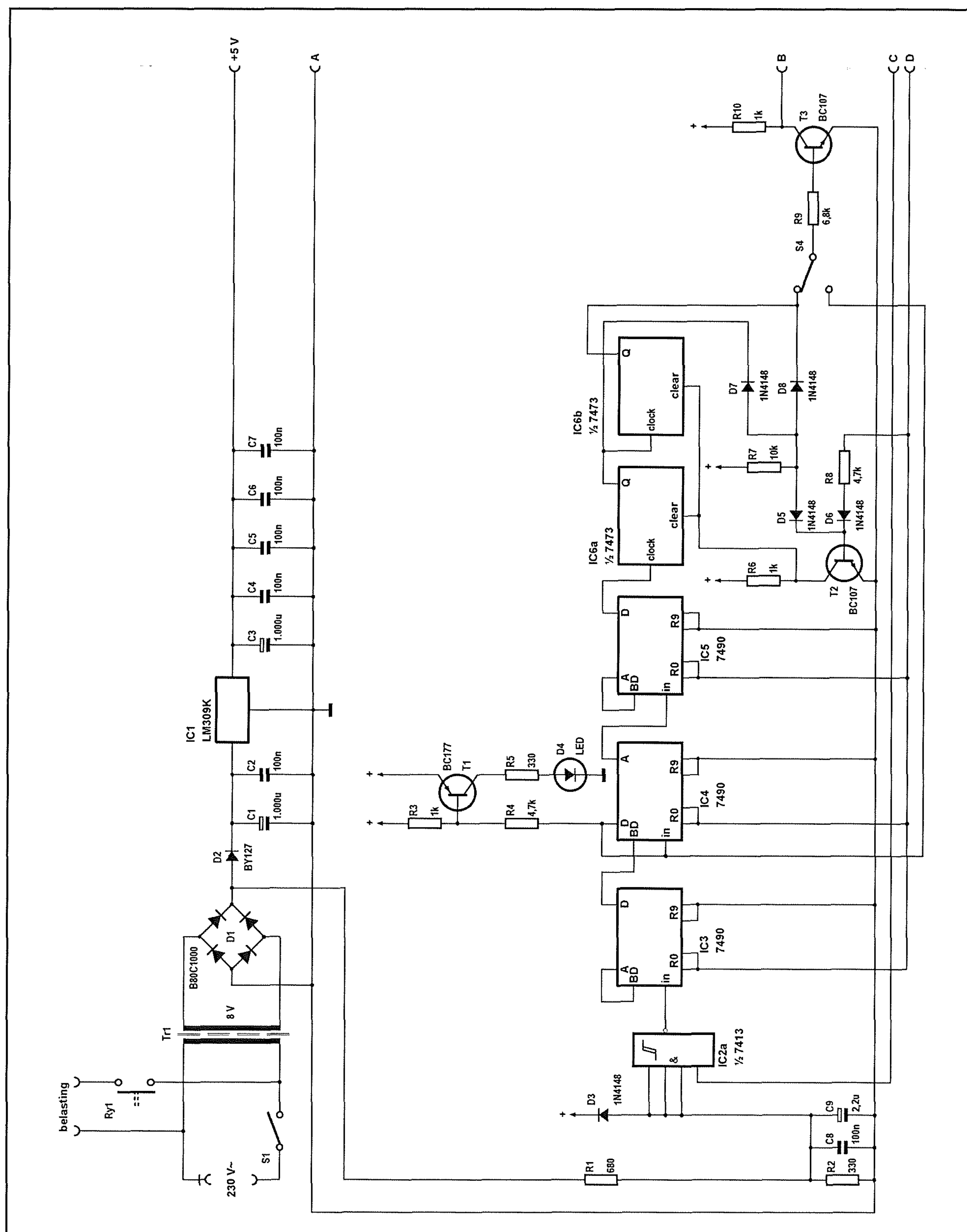
Figuur 4/14.84-3: Het blokschema van de schakeling.

Het uitgewerkte schema

Figuur 4/14.84-4 geeft het volledige schema van de schakelklok. De 8 V wisselspanning van de trafo wordt gelijkgericht door de brug D1. De diode D2 scheidt de gelijkgerichte spanning van de afvlakelco C1. De 100 Hz pulsen na de brug sturen namelijk eveneens de pulsvormer. De +5 V voedingsspanning wordt verzorgd door een geïntegreerde spanningsregelaar IC1. De condensatoren C4, C5, C6 en C7 zijn, gespreid over de print, geschakeld tussen de voeding en de massa en vrijwaren de voedingslijn van stoorimpulsen die het telproces in de war kunnen sturen. De pulsvormer is op de bekende wijze opgebouwd rond een geïntegreerde schmitt-trigger IC2a. De condensatoren C8 en C9 zuiveren het 100 Hz referentiesignaal. De 50-deler is opgebouwd uit de tienteller IC3 en een deel van IC4. De D-uitgang van IC3 stuurt de BD-ingang van IC4. Van dit laatste IC wordt dus de 5-deler gebruikt. Aan de D-uitgang verschijnen 2 Hz impulsen. Deze uitgang is verbonden met de bereikenschakelaar S4 en met de indicatorschakeling rond LED D4. In rust is IC4 gereset en is de D-uitgang "L". De basis van T1 is dus via R4 met massa verbonden, zodat de transistor geleidt en de LED met de voedingsspanning wordt verbonden. Deze halfgeleider licht op.

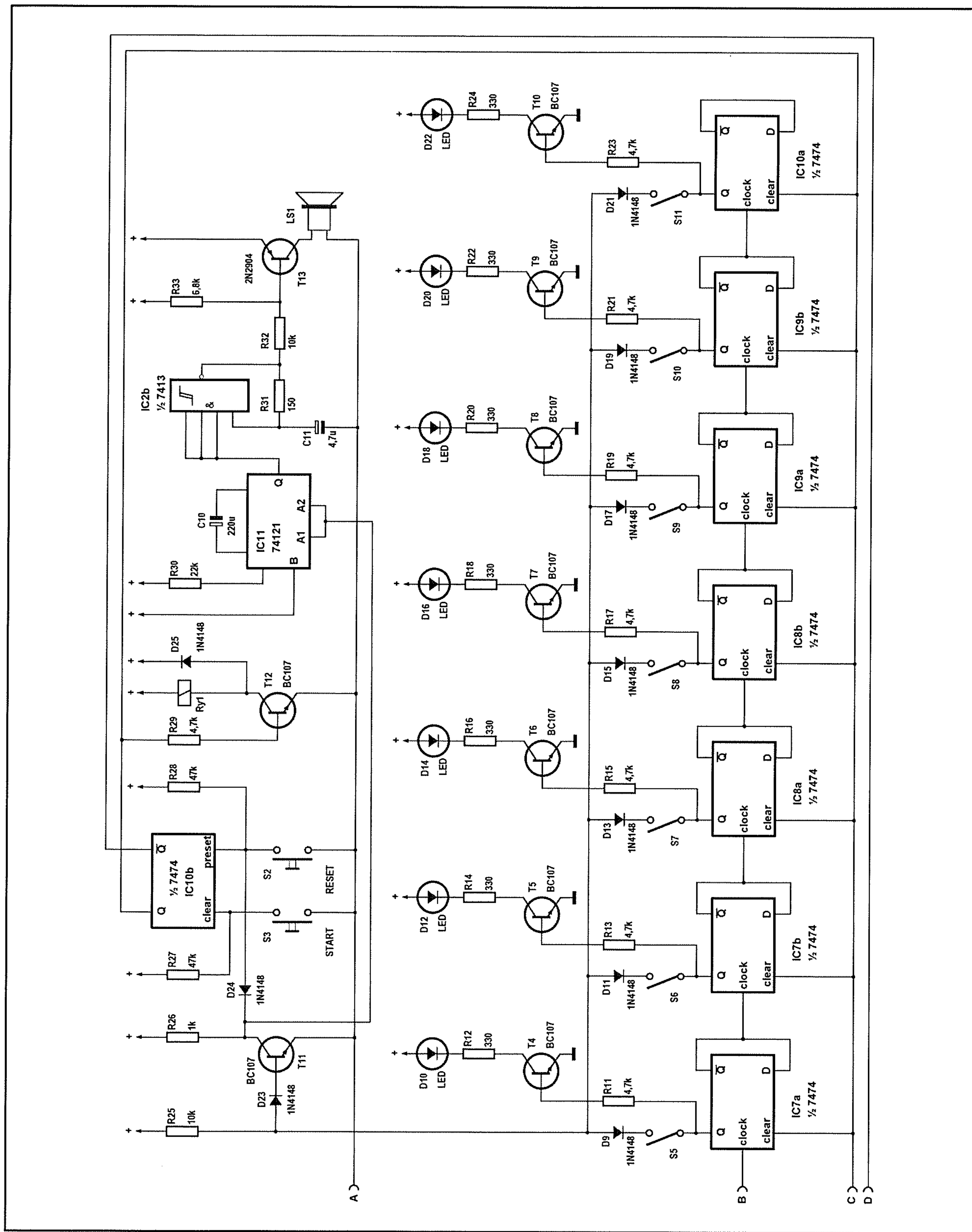
Als de schakeling telt, wordt de D-uitgang van IC4 om de 400 ms gedurende 100 ms "H". De transistor T1 gaat dus afwisselend geleiden en sperren, zodat de indicator D4 gaat knipperen. Weerstand R3 houdt de basis van T1 op voedingspotentiaal als de D-uitgang van IC4 "H" is.

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten



Figuur 4/14.84-4a: Het eerste deel van het uitgewerkte schema.

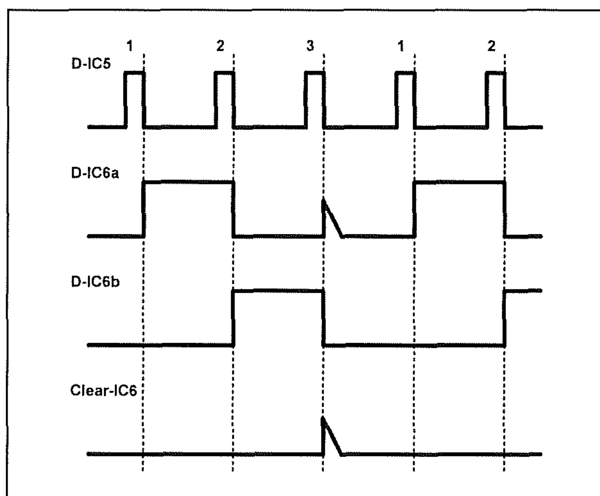
14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten



Figuur 4/14.84-4b: Het tweede deel van het uitgewerkte schema.

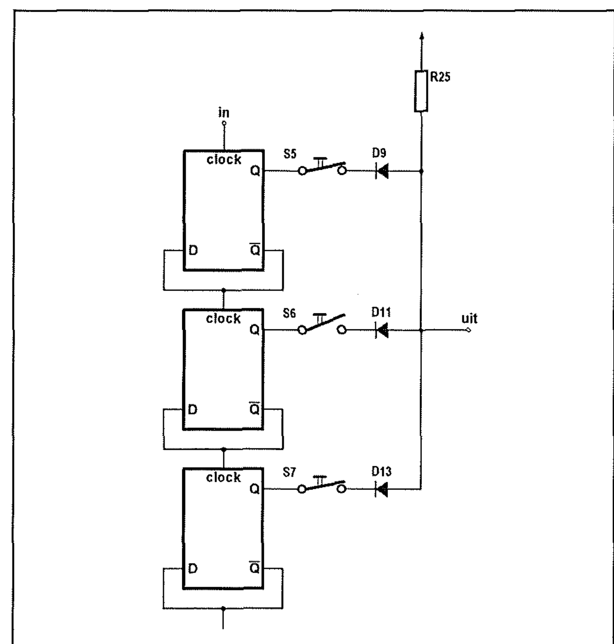
14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

De 60-deler is opgebouwd uit de tweedeler van IC4, de tienteller IC5 en de als driedeler geschakelde dubbele flip-flop IC6. De werking van deze laatste schakeling wordt verduidelijkt aan de hand van de grafiek van figuur 4/14.84-5.



Figuur 4/14.84-5: De werking van de driedeler IC6 wordt aan de hand van deze grafieken toegelicht. De breedte van de clear-puls is zeer overdreven voorgesteld.

U weet dat een 7473 flip-flop omslaat als de clock van "H" naar "L" springt. Na de eerste ingangspuls wordt dus de Q-uitgang van IC6a "H", terwijl dezelfde uitgang van IC6b "L" blijft. Beide uitgangen zijn via de dioden D7 en D8 verbonden met de weerstand R7 die aan de voedingsspanning is gekoppeld. Diode D7 spert omdat de kathode met een hoge uitgang verbonden is. Diode D8 geleidt, er vloeit stroom door de keten R7, D8 en IC6b. Het knooppunt van D5, D7 en D8 is met massa verbonden. Transistor T2 spert, de collector is "H", de clear-ingangen van de flip-flop's zijn eveneens "H", de bistabiele elementen worden niet gereset. De tweede ingangspuls verandert niets aan de situatie. De rol van de dioden D7 en D8 wordt alleen verwisseld. Bij de derde ingangspuls worden beide Q-uitgangen van de FF's "H". De beide dioden sperren, zodat er via R7 en D5 stroom vloeit in de basis van T2. Deze transistor geleidt, de clear-ingangen worden "L", de flip-flop's resetten.
U kunt besluiten dat IC6 per drie ingangspulsen één uitgangspuls levert.
Het is duidelijk dat dit IC eveneens gereset moet worden door de start-reset flip-flop. Deze resetpuls wordt via R8 en D6 aan de transistor T2 aangeboden.
De binaire keten is opgebouwd uit zeven 7474 flip-flop's. Door de verbinding tussen de geïnverteerde uitgangen en de data-ingangen werken deze schakelingen als tweedelers.



Figuur 4/14.84-6: De werking van de binaire teller wordt verklaard aan de hand van dit deelschema.

De precieze werking wordt beschreven met de hulp van de figuren 4/14.84-6 en

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

-7, waar voor de duidelijkheid de keten beperkt is tot drie flip-flop's.

	IC7a		IC7b		IC8a	
	Q	$\overline{Q}$ = D	Q	$\overline{Q}$ = D	Q	$\overline{Q}$ = D
0	L	H	L	H	L	H
1	H	L	L	H	L	H
2	L	H	H	L	L	H
3	H	L	H	L	L	H
4	L	H	L	H	H	L
5	H	L	L	H	H	L
6	L	H	H	L	H	L
7	H	L	H	L	H	L
8	L	H	L	H	L	H

Figuur 4/14.84-7: De waarheidstabel van figuur 4/14.84-6. Uit deze tabel blijkt dat na vijf ingangspulsen één uitgangspuls wordt opgewekt.

De voornaamste eigenschap van een type D flip-flop is dat bij iedere clock-puls de uitgang Q de logische waarde van de D-ingang overneemt. Uit het schema volgt dat de geïnverteerde uitgang met de data-ingang verbonden is en bovendien de clock van het volgende element stuurt. Uit de waarheidstabel van figuur 4/14.84-7 kunt u de werking afleiden. De redenering start met geresette flip-flop's. De geïnverteerde uitgang en dus de data-ingang van de eerste flip-flop is "H". Bij de eerste clock-puls neemt de Q-uitgang deze informatie over, met andere woorden, IC7a slaat om. Omdat de ingang van deze IC's slechts reageren op positieve sprongen, zal IC7b in rust blijven. Zijn ingang gaat immers van "H" naar "L". Bij de tweede ingangspuls slaat IC7a natuurlijk om. Omdat de geïnverteerde uitgang van deze flip-flop van "L" naar "H" gaat, zal eveneens IC7b van toestand veranderen. De redenering kan nu gemakkelijk doorgevoerd worden. Het besluit is dat deze keten inderdaad een binaire uitgangscode produceert.

Rest slechts een methode te vinden om het telproces na het gewenste aantal pulsen te stoppen. Uit de waarheidstabel volgt dat het getelde aantal pulsen gelijk is aan het getal, dat in binaire code op de Q-uitgangen van de flip-flop's verschijnt. Na een ingangspuls is alleen de uitgang van IC7a "H", na drie ingangspulsen zijn de uitgangen van IC7a en IC7b "H" en zo verder. Het volstaat dus alle Q-uitgangen via schakelaars aan een OR-poort te schakelen. In het voorbeeld van figuur 4/14.84-6 zijn de schakelaars S5 en S7 gesloten, zodat er een uitgangspuls moet verschijnen na 1 + 4 = 5 ingangspulsen. Uit de waarheidstabel volgt dat de dioden D9 en D13 beide sperren na de vijfde ingangspuls. De uitgang wordt dus "H" nadat het met de schakelaars ingestelde aantal pulsen is geteld.

In het algemene schema van figuur 4/14.84-4 is hetzelfde principe toegepast met zeven flip-flop's. Zoals reeds gezegd reageren de D-schakelingen op positieve flanken. Omdat de voorgeschakelde delers negatieve flanken leveren, moet een inverter tussengeschakeld worden. Transistor T3 en weerstanden R9 en R10 zijn hiervoor ingehuurd. Eerder hebben wij reeds verklaard dat de Q-uitgangen van de D-FF's het aantal getelde pulsen in binaire code weergeven. Het volstaat dus met deze uitgangen LED-indicatoren te sturen om steeds op de in de paragraaf "ontwerpfilosofie" beschreven manier het getelde tijdsverloop af te lezen.

IC10b vormt de START-RESET flip-flop. Uit het blokschema kunt u afleiden dat deze schakeling zowel met de hand als

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

automatisch na het doorlopen van de gewenste tijd gereset moet worden. De eerste methode gebeurt door het bedienen van de RESET-drukknop S2. De clear-ingang van het IC, die normaal via weerstand R28 "H" wordt gehouden, wordt dan met massa verbonden. De schakeling slaat om. Voor de automatische reset zorgt transistor T11.

In het voorgaande is aangetoond dat de gemeenschappelijke anodelijn van de dioden van de OF-poort "H" wordt na het tellen van het gewenste aantal pulsen. Dit signaal stuurt via diode D23 de transistor in verzadiging zodat de clear-ingang van IC10b "L" wordt en de flip-flop zijn rustpositie opzoekt.

Diode D23 heeft geen schakeltechnische, maar wel een belangrijke functie. Dit onderdeel zorgt ervoor dat transistor T11 werkelijk spert als een of meerdere dioden van de OR-poort geleiden. De noodzaak van diode D24 wordt later besproken.

Zoals uit het blokschema blijkt stuurt de START-RESET flip-flop de algemene resetlijn van de telsystemen. Nu houden IC-ontwerpers wel eens van een grapje en dus hebben ze het resetsignaal van de verschillende IC's niet gestandaardiseerd. De reset-zero ingangen van de 7490 tientellers moeten met een "H" worden gestuurd, de clear-ingangen van de 7474 flip-flop's daarentegen met een "L". Er zijn dus twee resetlijnen nodig die respectievelijk gestuurd worden uit de uitgang en de geïnverteerde uitgang van IC10b.

U kunt besluiten dat na het drukken van de RESET-toets of na het doorlopen van de ingestelde telcyclus alle tellers gereset worden.

De schakeling kan worden gestart door het indrukken van schakelaar S3. De preset-ingang van IC10b wordt "L" zodat de schakeling omslaat en alle tellers uit hun sluimering gewekt worden.

Uit het voorgaande volgt dat de Q-uitgang van IC10b "H" is gedurende het telproces. Deze uitgang is dus uitermate geschikt voor het sturen van het relais, wat dan ook gebeurt met de medewerking van transistor T12. De diode D25 onderdrukt inductieve spanningsoprispingen van de relaisspoel die de transistor zouden kunnen schaden. Na het beëindigen van de telcyclus moet het acoustisch signaal worden gestuurd. De collector van transistor T11 stuurt de A-ingangen van de monostabiele multivibrator IC11. Als deze "L" worden, wekt de MMV een eenmalige puls op waarvan de lengte wordt bepaald door de componenten R30 en C10. Nu wordt ook de functie van diode D24 duidelijk. Deze belet dat het alarm aanspreekt als de RESET-drukknop wordt bediend. De diode spert dan zodat de A-ingangen van de monoflop via weerstand R26 met de voedingsspanning verbonden blijven.

De geluidsgenerator is samengesteld uit de tweede schmitt-trigger van IC2 en een PNP-transistor. Als de Q-uitgang van IC10 "L" is, is de poort IC2b gesloten. De uitgang is "H", zodat de basis van de transistor via weerstand R33 met de voeding verbonden is. Er vloeit geen stroom door de luidspreker. Tijdens de monofloppuls werkt de oscillator en deze stuurt de transistor afwisselend in verzadiging en in sper.

Tot slot van deze paragraaf nog twee opmerkingen.

Het is principieel niet nodig de pulsvormer IC2a door middel van de reset-lijn te blokkeren tijdens de rusttoestand. Het blijkt evenwel dat er enige overspraak is tussen de twee poorten van IC2, zodat

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 5 %, 1/4 W

R1	680 Ω
R2	330 Ω
R7,R25,R32	10 kΩ
R4,R8,R11,R13,R15,R17,R19,R21,R23,R29	4,7 kΩ
R5,R12,R14,R16,R18,R20,R22,R24	330 Ω
R3,R6,R10,R26	1 kΩ
R9,R33	6,8 kΩ
R27,R28	47 kΩ
R30	22 kΩ
R31	150 Ω

CONDENSATOREN

C1	1.000 µF	16 V axiaal
C2,C4,C5,C6,C7,C8	100 nF	MKH
C3	1.000 µF	6 V axiaal
C9	2,2 µF	6 V axiaal
C10	220 µF	6 V axiaal
C11	4,7 µF	6 V axiaal

HALFGELEIDERS

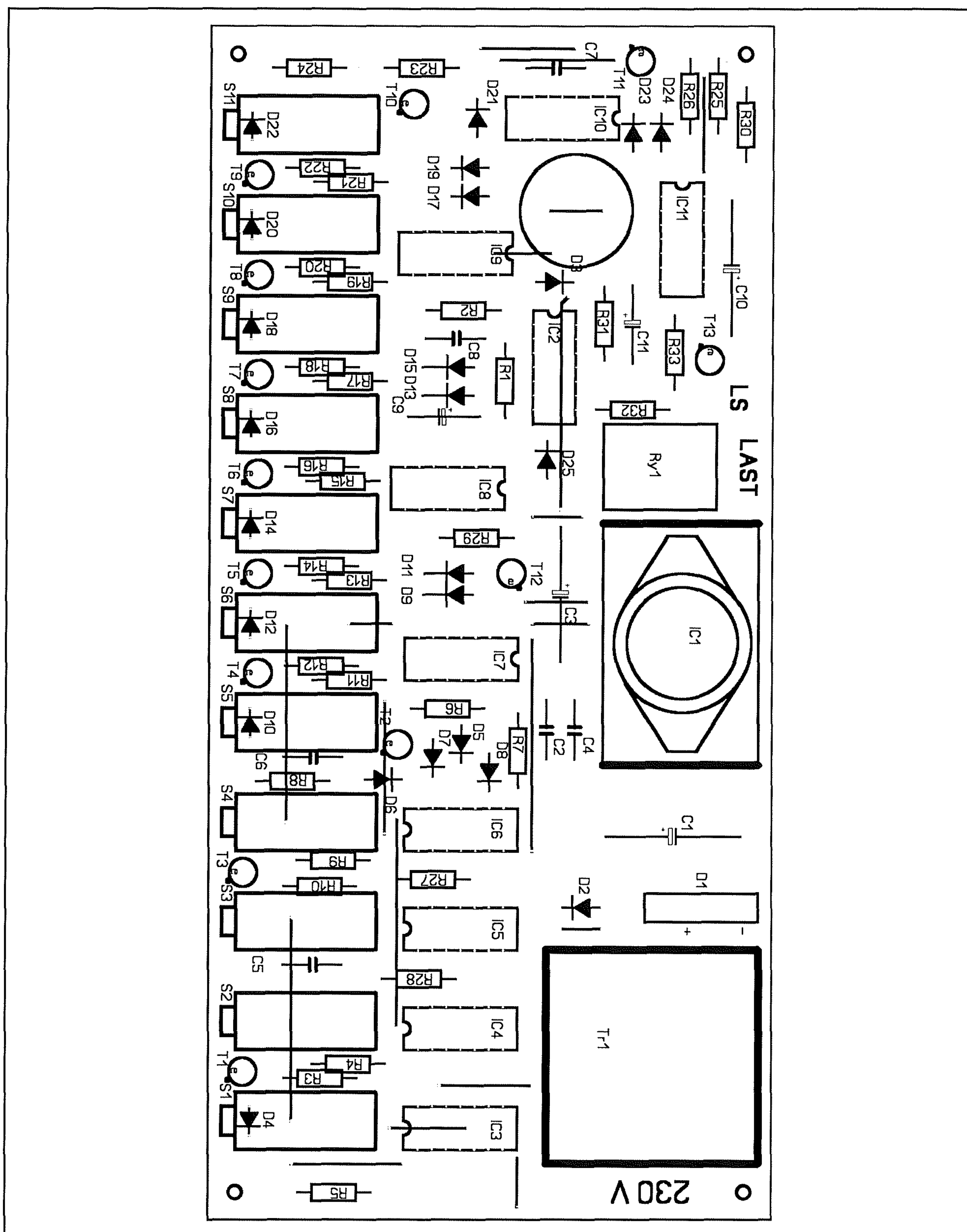
D1	B80C1000
D2	BY127
D3,D5,D6,D7,D8,D9,D11,D13,D15,D17,D19,D21,D23,D24,D25	1N4148
D4,D10,D12,D14,D16,D18,D20,D22	LED, 5 mm, rood
T1	BC177
T2,T3,T4,T5,T6,T7,T8,T9,T10,T11,T12	BC107
T13	2N2904
IC1	LM309K of andere 5 V TO-3 regulator
IC2	7413
IC3,IC4,IC5	7490
IC6	7473
IC7,IC8,IC9,IC10	7474
IC11	74121

DIVERSEN

Tr1	8 V beltrafo
Ry1	5 V printrelais Hosiden
LS1	8 Ω, 0,2 W luidspreker
S1 - S11	zie tekst
kastje	Teko CH4

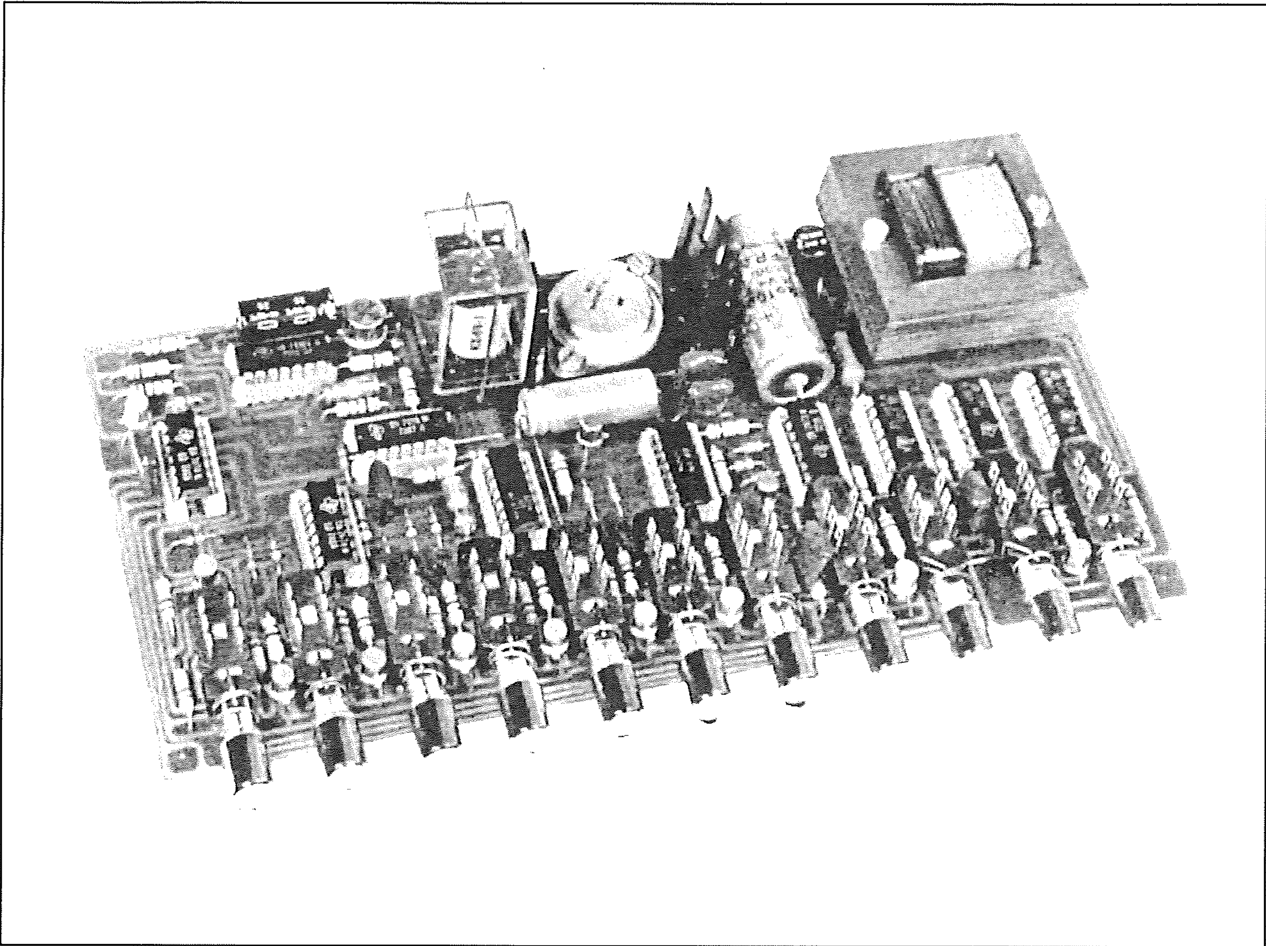
het geluid uit de luidspreker een onaangename ratel heeft als de poort IC2a blijft doorwerken.
Een kleine schoonheidsfout van de schakeling is dat als u alle instelschakelaars S5 tot en met S11 uitschakelt, de alarmketen wordt geactiveerd. Transistor T11 gaat dan immers geleiden, de A-ingangen van de monoflop worden “L” en deze schakeling wekt een puls op. Door de schakelaars zo te bedienen dat deze toestand nooit voorkomt, kan dit gebrek verdoezeld worden.

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten



Figuur 4/14.84-9: De componentenopstelling van de print.

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten



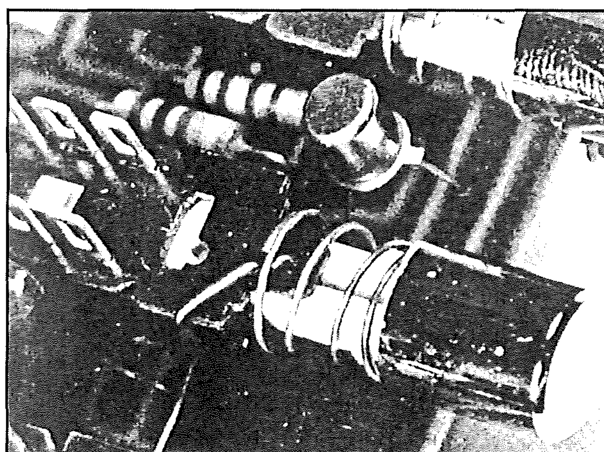
Figuur 4/14.84-10: Het prototype van de print.

De praktische opbouw

Zoals bij alle HE&IC nabouwprojecten is ook hier de constructie van het apparaat zo eenvoudig mogelijk gemaakt. Alle onderdelen bevinden zich op de print. Deze print is afgebeeld op de figuren 4/14.84-8 en -9, waarbij -8 op de laatste pagina van dit hoofdstuk staat. Hoe een en ander er na enige uren huisvlijt uitziet toont figuur 4/14.84-10. Deze foto toont het prototype van de schakeling, de print is nog niet op de definitieve wijze uitgevoerd. De volgende opmerkingen kunnen de bouw vergemakkelijken. Als trafo wordt een beltrafo gebruikt. Deze wordt uit zijn bakelieten behuizing bevrijd en met twee schroeven op de print bevestigd. In het prototype is een LM309K spanningsregelaar gebruikt, omdat die toevallig in het lab voorradig was. Tegenwoordig wordt een keur aan TO3 spanningsregelaars aangeboden, die uiteraard allen bruikbaar zijn. Dit IC wordt met een koelelement op de print geschroefd. Als relais is een zeer goedkoop maar degelijk printrelais van het fabrikaat Hosiden gebruikt. De schakelaars zijn de bekende Schadow-types. Deze moeten evenwel bevrijd worden van hun achterste gedeelte, ze zijn te groot voor de print. Dit gaat het eenvoudigst door, nadat de schakelaars zijn ingedrukt, met een ijzerzaagje de achterste schakelaars te amputeren. De schake-

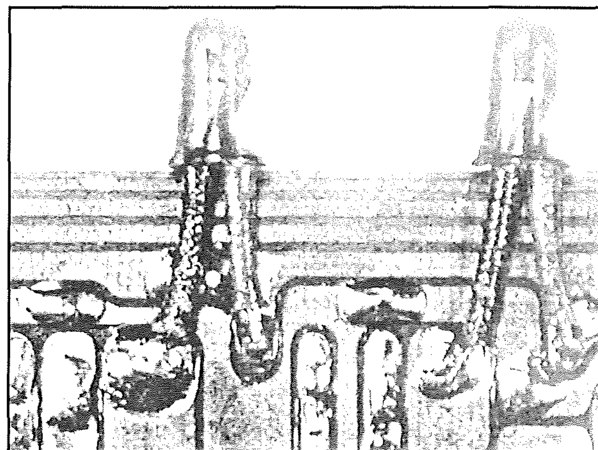
14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

laars S2 en S3 moeten nog een chirurgische ingreep ondergaan. Deze moeten namelijk omgebouwd worden tot drukschakelaars. Dat gaat heel eenvoudig, zie figuur 4/14.84-11, door het metalen beugeltje dat de schakelaar ingedrukt houdt, uit de gleuf te halen en tegen het lichaam van de schakelaar te drukken. Als u echter tijdens deze bewerking de druktoets niet vasthoudt, schiet deze, de schakelaaringewanden kwistig door de kamer strooiend, als een raket uit het kunststof huisje!

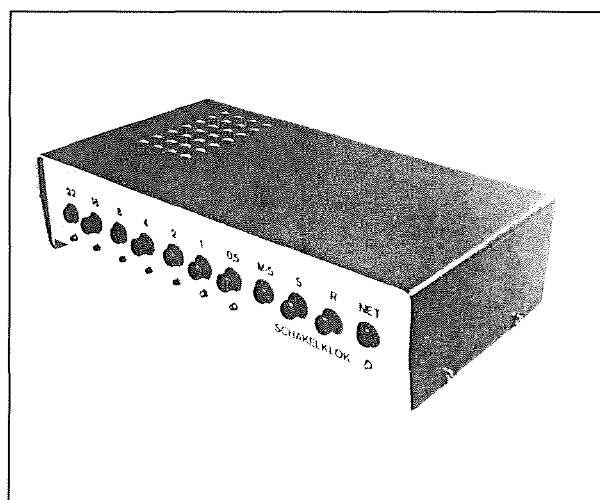


Figuur 4/14.84-11: Het aanpassen van de schakelaars S2 en S3.

De acht LED's worden aan de onderzijde van de print gesoldeerd, waarbij u de draadjes natuurlijk met een stukje isolatiekous moet isoleren, zie figuur 4/14.84-12.
De print kan dan worden getest en indien alles naar wens werkt, ingebouwd in een TEKO CH4 kastje. De miniatuur luidspreker heeft geen bevestigingsgaten en wordt daarom met tweecomponentenlijm op de print gelijmd. Hiervoor is tussen de IC's 2, 9, 10 en 11 een plaats vrijgehouden.
Figuur 4/14.84-13 geeft tot slot een impressie van de kant-en-klare schakelklok.



Figuur 4/14.84-12: Het monteren van de LED's op de koperzijde van de print.



Figuur 4/14.84-13: Het prototype van de schakelklok.

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: Internet

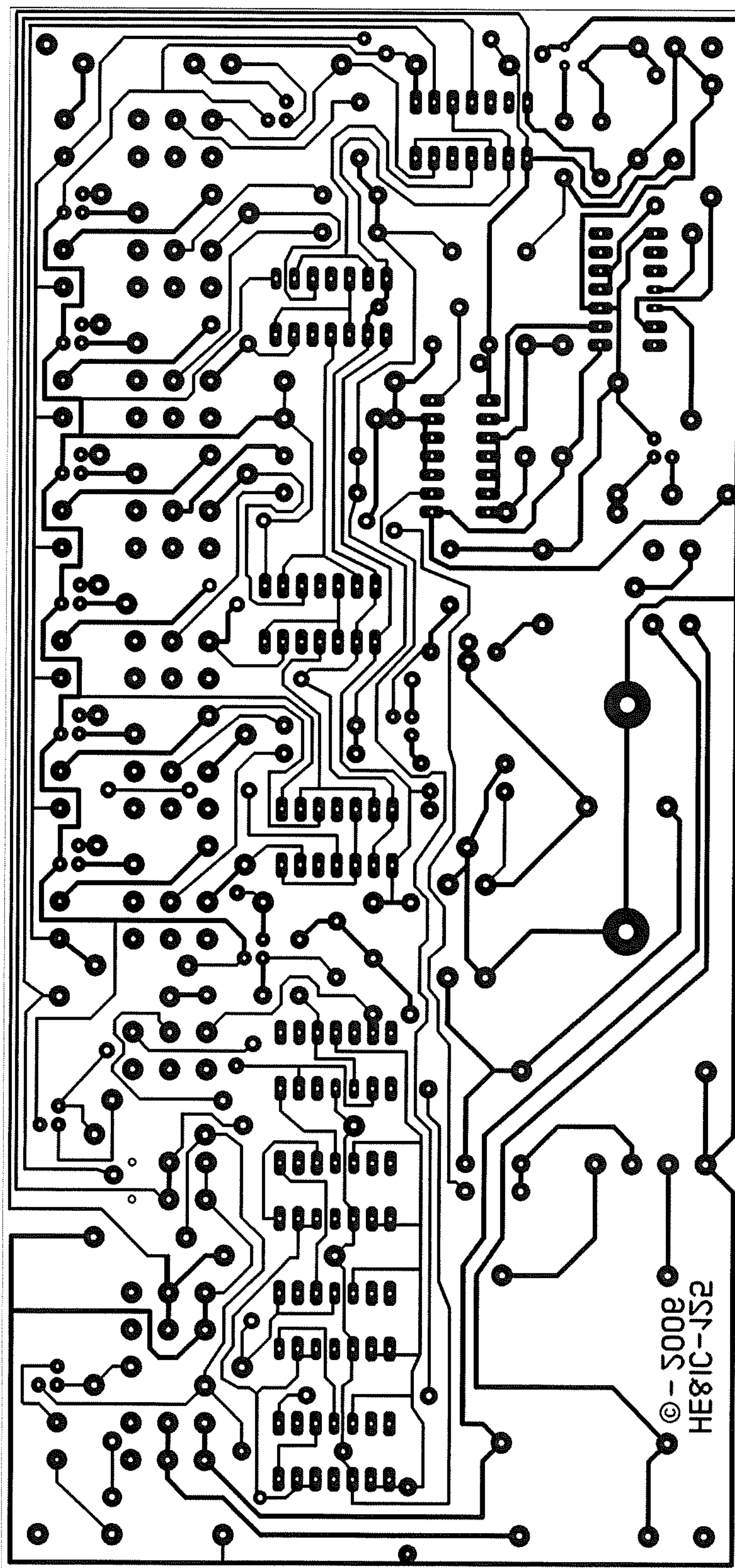
Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: Sprint Layout

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als LAY-file downloaden. U opent dit bestand in Sprint Layout versie 4.0 van Abacom. U past het ontwerp eventueel aan aan uw onderdelen en print het af op transparante folie.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.



Figuur 4/14.84-8: De print van de schakeling.

14.84 Binaire schakelklok met een bereik van 0,5 seconde tot 63,5 minuten